

جامعة حلب
كليـة الهندسة الزراعية
قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي

تأثير المخلفات الكيميائية لمخابر جامعة حلب في استدامة مياه الصرف الصحي في الزراعة

The Effect of Aleppo University Laboratories' Chemical Residue in The Sustainable Use of Wastewater in Agriculture

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية
قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي

إعداد الطالبة
سعاد شهوان

2015 - 2014



جامعة حلب

كليـة الهندسة الزراعية

قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي

تأثير المخلفات الكيميائية لمخابر جامعة حلب في استدامة مياه الصرف الصحي في الزراعة

The Effect of Aleppo University Laboratories' Chemical Residue in The Sustainable Use of Wastewater in Agriculture

رسالة علمية أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية

قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي

إعداد الطالبة

سعاد شهوان

بإشراف

د. محمد حسام بهلوان   **أ.د. عباس حزوري**

قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي - كلية الهندسة الزراعية - جامعة حلب

2015 -2014

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في اختصاص علوم التربة واستصلاح الأراضي، من كلية الزراعة في جامعة حلب.

This thesis has been submitted as partial fulfillment of the degree of master in Soil Science , at the Faculty of Agriculture , Aleppo University .

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 18 / 12 / 2014 وأجيزت

الأستاذ الدكتور	أ.د. محمد خلدون أل درمش
الأستاذ الدكتور	أ.د.عزيزة عجوري
الدكتور	د. محمد حسام بهلوان (مشرفاً)

تصريح

أصرح بأن هذا البحث:

(تأثير المخلفات الكيميائية لمخابر جامعة حلب في استدامة مياه الصرف الصحي في الزراعة)

لم يسبق أن قبل للحصول على أية شهادة ولا هو مقدم حالياً للحصول على أية شهادة أخرى.

المرشحة

سعاد شهوان

DECLARTION

I hereby certify that the work :

"The Effect of Aleppo University Laboratories' Chemical Residue in The Sustainable Use of Wastewater in Agriculture "
has not been accepted for any degree or it is not submitted to any other degree .

Candidate

Sowad Shahwan

شـهادة

نشهد بأن هذا العمل المقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة **سعاد شهوان** بإشراف:

الدكتور **محمد حسام بهلوان** (المشرف الرئيسي) الأستاذ المساعد في قسم التربة واستصلاح الأراضي من كلية الزراعة – جامعة حلب.

الأستاذ الدكتور **عباس حزوري** (المشرف المشارك) الأستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي من كلية الزراعة – جامعة حلب.

وإن أية مراجع ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة .

المرشحة	المشرف المشارك	المشرف الرئيسي
سعاد شهوان	أ.د. عباس حزوري	د. محمد حسام بهلوان

TESTIMONY

We witness that the described work in this treatise is the result of scientific search conducted by the Candidate Sowad Shahwan under the supervision of Asist. Dr . Mohamed Hossam Bahlawan (main supervisor) ,assistant professor at department of soil and soil reclamation , Faculty of Agriculture, Aleppo University , and Prof. Dr. Abbas Hazori (assistant supervisor) , professor at department of soil and soil reclamation, Faculty of Agriculture, Aleppo University

Candidate
Sowad Shahwan

main supervisor	assistant supervisor
Dr. Mohamed Hossam Bahlawan	**Prof. Dr. Abbas Hazori**

شكر وتقدير

دائماً هي سطور الشكر تكون في غاية الصعوبة عند صياغتها ربما لأنها تشعرنا بقصورها وعدم إيفائها حق من نهديه في أسطر .

أتوجه بالشكر إلى عمادة كلية الزراعة ممثلة بالأستاذ الدكتور أحمد الشيخ قدور ونائبيه العلمي والإداري لما قدموه من رعاية وعون .

كما اتقدم بخالص الشكر لقسم التربة واستصلاح الأراضي ممثلاً بالأستاذ الدكتور محمد عبد الله الصديق رئيس القسم .

وأتوجه بكامل التقدير والامتنان للأستاذة المشرفين على هذا البحث الأستاذ الدكتور عباس حزوري والدكتور محمد حسام بهلوان على عطائهم الكبير من إشراف وتوجيه ليبصر العمل النور .

كما أتقدم بجزيل الشكر لأعضاء لجنة الحكم على هذه الأطروحة الأستاذ الدكتور محمد خلدون درمش الأستاذة الدكتورة عزيزة عجوري الذين تفضلوا بقبول تحكيم هذه الأطروحة وتكبدهم عناء القراءة والتدقيق.

كما أتوجه بخالص الشكر والامتنان لزوجي الذي وقف بجانبي وكان لي الداعم الحقيقي .والشكر الأكبر لأبني وسام .

وشكر خاص للمهندس مازن عطري الذي قدم لي الكثير من العون والمساعدة لإنجاز هذا العمل.

وفي النهاية شكرا لكل الذين وقفوا معي :

أهلي ... أخوتي ... أصدقائي.

الإهداء

إلى القدوة الأولى

إلى قدسية هذا الوجود

إلى رمز العطاء

إلى ينبوع الحنان

أمي الغالية

إلى الانسان الذي يقف بجانبي دائما

إلى من يعطي بسخاء ولا ينتظر مقابل

إلى قدوتي في العمل والتدريس

زوجي العزيز

إلى أجمل وأغلى شيء في حياتي

وسام

إلى من تقر عيني برؤيتهم

إلى من أتمنى لهم أفضل مما أتمناه لنفسي

إلى من أستمد من فرحهم فرحي

أخوتي وأخواتي

إلى كل من يكن في قلبه لي محبة ومودة.....

سعاد

فهرس المحتويات

العنوان	رقم الصفحة
1- المقدمة	1
2- الدراسة المرجعية	4
2-1- نظرة عامة	4
2.2. مصادر التلوث بالعناصر الثقيلة	9
2-3- العوامل التي تؤثر في سلوك العناصر الثقيلة في التربة	11
2-3-1- سرعة حركة الماء في المسام	12
2-3-2- قوام التربة	12
2-3-3- الرقم الهيدروجيني للتربة pH	12
2-3-4- تركيز العنصر	12
2-3-5- محتوى التربة من كربونات الكالسيوم CaCO3	13
2-3-6- محتوى التربة من المادة العضوية	13
2-3-7- السعة التبادلية الكاتيونيه CEC	13
2-3-8- زمن التلامس مع سطوح الحبيبات (زمن الاتزان)	13
2-4- ظاهرة التراكم في العناصر الثقيلة	14
2-4-1- العناصر الضرورية	14
2-4-2- العناصر غير الضرورية	16
2-5- حركية وانتقال العناصر الثقيلة في الترب	19
2-6- المعايير المستخدمة لتقييم نوعية مياه الصرف الصحي	23
2-7- المواصفة القياسية السورية (ق.س: 2008/2580)	27
3-المواد وطرائق العمل Materials & Methods	30
4-النتائج والمناقشة Results & Discussion	40
1.4.الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	40
1.1.4.تغيرات الرقم الهيدروجيني	40
2.1.4.تغيرات قيم الناقلية الكهربائية (EC)	42
3.1.4. المواد الصلبة الكلية (TDS)	44
4.1.4. التركيب الأيوني لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	46
5.1.4. نسبة الصوديوم المدمص – Sodium Adsorption Ratio (SAR)	48
6.1.4. مؤشرات التلوث العضوي الـCOD	49

7.1.4. مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة	52
2.4. دراسة مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب	59
1.2.4. تغيرات الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب	59
2.2.4. تأثير محطة المعالجة في قيم الناقلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي	61
3.2.4. قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) لمياه الصرف الصحي	62
4.2.4. قيم الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) لمياه الصرف الصحي	63
5.2.4. النسبة $\left(\frac{COD}{BOD5}\right)$ ومعامل الازالة (RI) لعينات مياه الصرف الصحي	67
6.2.4. توزع العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي لمحطة المعالجة	67
3.4. تقييم مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في مخبر أبحاث كلية الزراعة	75
4.4. حركية وانتقال الرصاص في نوعين من الترب السورية	78
الاستنتاجات والمقترحات	85
المراجع	83

فهرس الجداول

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
1	أثر الري بمياه الصرف الصحي المعالج أولياً على العناصر الميسرة فى التربة بمزرعة الجبل الأصفر (مصر)	6
2	تركيز العناصر الثقيلة (ملغ/كغ) في بعض الأسمدة المضافة للتربة (عبد الصبور، 2000).	9
3	يبين الاختلافات الكبيرة في تراكم الكادميوم (ملغ /كغ مادة جافة) في النباتات وفق النمط البيئي	17
4	تأثير درجة الحرارة في قيم الأكسجين المنحل في الماء (Faurie et al.،1998).	25
5	درجات تلوث مياه الصرف حسب قيم الأكسجين المنحل DO بحسب (رستم، 1989).	26
6	الحدود المسموح بها في مياه الصرف الناتجة عن المنشآت والفعاليات والاقتصادية المختلفة التي تصرف مياه الصرف إلى شبكة الصرف العامة	29
7	مؤشرات الملوحة الخاصة بتقييم نوعية المياه المستخدمة لأغراض الري (المصدر: Ayers and Wescot, 1985)	34
8	الحدود المسموح بها لتركيز الأيونات (الأنيونات والكاتيونات) في مياه المجاري العامة وفق (Metcalf & Eddy, 1991)	35
9	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المستخدمة في دراسة حركية الرصاص.	37
10	التحليل الكيميائي للمياه المستخدمة في تجارب الأعمدة	38
11	بيانات الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه الصرف الناجمة من بعض المراكز العلمية في جامعة حلب.	41
12	تغيرات قيم الناقلية الكهربائية (EC) لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.	42
13	تغيرات الأملاح الكلية المنحلة (TDS) في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.	45
14	معدل التركيب الأيوني لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.	47
15	تركيز الأكسجين المستهلك في الأكسدة الكيميائية (COD) في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية.	50
16	معدل توزع العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.	52
17	قيم الـBOD والـCOD وبعض المؤشرات الكيميائية لعينات مدخل ومخرج محطة المعالجة لعام 2011	60

18	يبين قيم النسبة $\left(\frac{COD}{BOD5}\right)$ و معامل الازالة (RI) في عينات محطة المعالجة في الشيخ سعيد.	65
19	توزع بعض العناصر الثقيلة في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج محطة المعالجة لعام 2011	68
20	قيم معامل الازالة RI (Removal Index) لبعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي الناجمة عن محطة الصرف الصحي في الشيخ سعيد لعام 2011	73
21	بعض الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الناجمة عن جهاز الامتصاص الذري	75
22	تركيز بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن جهاز الامتصاص الذري.	76
23	بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المستخدمة في دراسة حركية الرصاص.	78
24	تركيز الرصاص الذائب والمدمص في الترب المدروسة حسب العمق.	81
25	تغيرات قيم التوصيل الكهربائي (EC) والرقم الهيدروجيني (pH) في الرشاحات الناجمة عن أعمدة الترب المغسولة بالمقارنة مع المحلول الأولي الملوث بالرصاص.	82

فهرس الاشكال

الرقم	العنوان	رقم الصفحة
1	كميات المياه العادمة والمعالجة والمستعملة في الري لبعض البلدان العربية (المصدر: FAO, 1997).	7
2	مواقع أخذ العينات من الراكارات الرئيسية للمراكز العلمية المدروسة في جامعة حلب.	31
3	صورة فضائية محدد عليها مواقع أخذ عينات التربة التي استخدمت في تجارب الأعمدة.	37
4	مخطط توضيحي لتجارب الأعمدة التي شملتها هذه الدراسة.	39
5	تغير معدلات الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب.	31
6	تغير معدل الناقلية الكهربائية (EC µS/cm) لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة.	43
7	العلاقة بين بيانات الرقم الهيدروجيني وقيم الناقلية الكهربائية لعينات مياه الصرف المدروسة	44
8	معدل المواد الكلية المنحلة TDS (mg/ℓ) لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة.	46
9	معدلات نسبة الصوديوم المدمص SAR في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية.	49
10	معدل الاحتياج الكيميائي للأكسجين COD (mg/ℓ) لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة	50
11	معدل توزع الرصاص في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	53
12	معدل توزع الكادميوم والنيكل في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	54
13	معدل توزع الزنك والكروم في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	55
14	معدل توزع الموليبدنيوم في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	56
15	معدل توزع الحديد والنحاس والمنغنيز في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب	58
16	تباين معدل قيم الرقم الهيدروجيني لعينات الصرف الصحي لمدخل ومخرج محطة المعالجة في الشيخ سعيد	61
17	تباين معدل قيم الناقلية الكهربائية (EC) لعينات الصرف الصحي لمدخل ومخرج محطة المعالجة	62
18	تباين معدل قيم الـCOD لعينات الصرف الصحي لمدخل ومخرج محطة المعالجة	63
19	تغيرات قيم الـ BOD للعينات الممثلة لمدخل ومخرج محطة الصرف في الشيخ سعيد	64
20	معدل قيم معامل الازالة RI لكل من الـCOD والـBOD للعينات الممثلة لمياه الصرف في محطة المعالجة	66
21	تباين معدل قيم الـCOD لعينات الصرف الصحي لجامعة حلب ومدخل ومخرج محطة المعالجة .	66
22	معدل قيم $(\frac{COD}{BOD5})$ لعينات مياه الصرف الصحي في محطة الشيخ سعيد لعام 2011.	67
23	معدل توزع الكروم في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.	69
24	معدل توزع الكادميوم في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011	70
25	معدل توزع الرصاص في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.	70
26	معدل توزع النحاس في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.	71
27	معدل توزع النيكل في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011	72
28	تغيرات معامل الازالة لبعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي في محطة الشيخ سعيد خلال عام2011	74
29	تغيرات تركيز الرصاص (mg/ℓ) في رشاحات الأعمدة الممثلة للترب المدروسة.	79
30	توزع الرصاص الذائب Soluble حسب العمق في أعمدة الترب المدروسة، وفي التركيزين المرتفع والمنخفض.	81
31	توزع الرصاص المدمص Sorbed حسب العمق في أعمدة الترب المدروسة، وفي التركيزين المرتفع والمنخفض.	83

الملخص العربي

تتركز اهمية هذه الدراسة في تقييم نوعية الملوثات التي ترمى في المجاري المرتبطة بمخابر التحليل والعيادات المختلفة الموجودة في المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب. وتم مقارنة أهم المؤشرات الكيميائية لهذه المياه مع المياه العادمة الموجودة في أحواض الترسيب التابعة لمحطة الصرف في الشيخ سعيد. وكذلك تم تحديد كفاءة محطة المعالجة في التخلص من بعض الملوثات من خلال مقارنة خصائص المياه العادمة الداخلة إلى المحطة مع عينات مماثلة مأخوذة من مخرج المحطة. ومن خلال هذه الرؤية كان لابد من اتباع منهجية علمية في قراءة تأثير مياه الصرف الصحي في استدامة استخدامها في الزراعة، من خلال دراسة حركية وانتقال عنصر الرصاص في التربة. وذلك من خلال تطبيق تجربة مخبرية ضمن أعمدة ترابية تم امرار مياه ملوثة صنعياً بمستويين من تركيز الرصاص.

وقد تم تقسيم منهجية هذه الدراسة إلى أربع مراحل وفق الآتي:

1-**المرحلة الأولى:** دراسة الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الناجمة عن راكارات بعض المراكز العلمية في جامعة حلب .

2-**المرحلة الثانية:** دراسة وتقييم مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب، وتحديد كفاءة عمل محطة المعالجة في الشيخ سعيد لعام 2011.

3-**المرحلة الثالثة:** تقييم مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في مخبر أبحاث كلية الزراعة (دراسة حالة).

4-**المرحلة الرابعة:** دراسة حركية وانتقال الرصاص في نوعين من الترب السورية.

وفيما يلي عرض موجز لأهم النتائج التي تم التوصل إليها:

أولاً- دراسة الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الناجمة عن راكارات بعض المراكز العلمية في جامعة حلب.

تم تحديد أربع مراكز علمية تابعة لجامعة حلب وهي: (راكار المشفى الجامعي ، راكار العيادات السنية في كلية طب الاسنان، راكار كلية العلوم، راكار كلية الزراعة). قطفت عينات من مياه الصرف التي تصل من المخابر والعيادات الموجودة في المراكز الأنفة الذكر، بشكل أسبوعي وعلى مدار ثلاثة أشهر خلال النصف الأول من عام 2011. حيث تم تحديد خمسة تواريخ من كل شهر موعداً ثابتاً لأخذ العينات. وتم تحديد أشهر نيسان وأيار وحزيران بحيث تمثل فترات ذات نشاط عالي ومتوسط ومنخفض على الترتيب، للمخابر والمراكز العلمية المدروسة. وأخذت العينات المقطوفة إلى المخبر لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية وكان اهم النتائج المتحصل عليها في هذه المرحلة:

✓ - أظهرت الدراسة انخفاض الرقم الهيدروجيني لعينات الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب بشكل كبير، مما قد ينعكس على نوعية المياه في الشبكة العامة للصرف الصحي، وهذا ما يسبب مشاكل عديدة، منها قد يصيب الكائنات الحية بشكل مباشر.

✓ – أوضحت الدراسة ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي لبعض العينات بشكل كبير يفوق الحدود المسموح بها ، كما هو الحال بالنسبة للعينات المأخوذة من كلية العلوم في شهر حزيران، حيث وصل معدل التوصيل الكهربائي إلى نحو 13000 ميكروسيمينز/سم.

✓ – أشارت الدراسة إلى وجود تلوث واضح لمياه الصرف الناجمة عن كل المراكز العلمية بعنصر الموليبدنيوم حيث بلغ أعلى معدل لتركيزه في راكار العيادات السنية (0.719 mg/L).

✓ – بينت الدراسة ارتفاع تركيز بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية إلى مستويات فاقت الحدود المسموح بها، بحيث يُمنع من وصولها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي، حسب الحدود الموضوعة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية رقم 2580 لعام 2008. كما هو الحال في الرصاص (4.39 mg/L) والكادميوم(0.331 mg/L) والنحاس(0.65 mg/L) والمنغنيز (0.92 mg/L)

ثانياً– دراسة وتقييم مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب، وتحديد كفاءة عمل محطة المعالجة في الشيخ سعيد لعام 2011.

بهدف مقارنة نوعية مياه الصرف الناتجة من المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب، مع مياه الصرف الموجودة في الشبكة العامة للصرف الصحي لمدينة حلب، وبهدف التعرف على كفاءة محطة المعالجة في الشيخ سعيد، تم تحديد موقعين لقطف عينات من مياه الصرف الصحي في محطة المعالجة هما: مدخل المحطة ومخرج المحطة. وفيما يلي أهم النتائج التي تم التوصل اليها في هذه المرحلة:

✓ – بينت الدراسة أن الرقم الهيدروجيني لعينات مخرج المحطة أعلى من مثيلاتها في مدخل المحطة، وأظهرت الدراسة تقارب قيم الرقم الهيدروجيني على مدار العام، فقد تراوحت بين (7.59 – 7.86) و(7.38–7.69) لعينات ممثلة لمخرج المحطة ومدخل المحطة على الترتيب.

✓ – أشارت الدراسة إلى ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي لعينات مخرج المحطة بالمقارنة مع عينات مدخل المحطة، وربما يعزى ذلك إلى ذوبان بعض الأملاح المترسبة في قاع حوض الرمل.

✓ – أوضحت الدراسة أن قيم الـCOD والـBOD لعينات مخرج المحطة أقل من مثيلاتها من عينات مدخل المحطة. وهذا دليل على أن حوض الرمل قادر على تخفيض الحمولات العضوية، وهذا ما أوضحه معامل الازالة (RI) فقد تراوح بين (12.63%–89.42%) و(1.91%–89%) لـCOD والـBOD، على الترتيب.

ثالثاً– تقييم مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في مخبر أبحاث كلية الزراعة (دراسة حالة).

بهدف تقييم مياه الصرف الناجمة عن مخابر التحليل النوعية، والتي لا يتم صرف فضلاتها إلى شبكة الصرف العامة بشكل مباشر، إنما يتم تجميع المياه المنصرفة ضمن عبوات خاصة (سعة 20 ليتر). فقد تم قطف عينات من مياه الصرف الخاصة لجهاز الامتصاص الذري (التابع لمخبر الأبحاث في قسم علوم التربة في كلية الهندسة الزراعية) وعلى فترتين. ومن اهم النتائج التي تم التوصل إليها:

✓ – أوضحت نتائج الدراسة ارتفاع تركيز الكلوريد بشكل كبير في عينات مياه الصرف لجهاز الامتصاص الذري.

✓ – أظهرت نتائج التحليل المخبرية ان هناك ارتفاع في تركيز بعض العناصر الثقيلة بشكل كبير جداً، كما هو الحال في الرصاص (3.2 mg/L) والكادميوم (0.48 mg/L) والموليبدنيوم (0.75 mg/L) والمنغنيز (0.77 mg/L) . وهذه التراكيز العالية تفوق الحدود المسموح بها في مياه الصرف المعالجة وغير المعالجة حسب (Metcalf and Eddy, 2007).

رابعاً– دراسة حركية وانتقال الرصاص في نوعين من الترب السورية.

تم تنفيذ هذه المرحلة من خلال تطبيق أعمدة من التربة لوصف طبيعة انتقال الرصاص في نوعين من الترب السورية. حيث جمعت عينات الترب من موقعين:

الموقع A: يمثل الترب الحامضية الناشئة فوق صخور بازلتية في منطقة ضهر القصير الواقعة غرب مدينة حمص.

الموقع B: يمثل الترب الجيرية المنتشرة في منطقة دير حافر الواقعة في شرق مدينة حلب.

ومن أهم نتائج هذه الدراسة:

✓ – اوضحت الدراسة أن حركية وانتقال الرصاص في التربة يخضع بشكل واضح إلى الخواص الفيزيائية والفيزيوكيميائية للتربة، والتي تتعلق بمحتواها من الطين، والذي يؤثر بدوره في حركة الماء ضمن المسام السائدة في التربة. فالترب التي تملك نسبة مسام كبيرة على حساب نسبة المسام الدقيقة تجعل سرعة الرشح فيها عالية كما في تربة ضهر القصير.

✓ – كما أن لمحتوى التربة من كربونات الكالسيوم أثراً فعالاً في تثبيت حركية أيونات الرصاص، وعدم تغلغلها إلى الطبقات العميقة، من خلال تكوين مركبات شحيحة الذوبان مثل كربونات الرصاص، مما يخفض من كمية الرصاص الذائب في الترب الجيرية (كما هو الحال في تربة دير حافر).

✓ – وأظهرت الدراسة أن الرصاص بطيئ الحركة جداً في التربة، وذلك من خلال تراكم معظم الرصاص المضاف عن طريق المياه الملوثة صنعياً في الطبقة العليا من أعمدة التربة.

وأخيراً وبالرغم من أن الدراسة أشارت إلى انخفاض تركيز العناصر الثقيلة في عينات مدخل ومخرج المحطة عن الحدود الموضوعة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية رقم (2003/2752) ورقم (2008/2580) ومن قبل (Metcalf and Eddy, 2007). وبناءً على خصائص التراكم التي تتميز بها العناصر الثقيلة في النظام البيئي، خلصت الدراسة إلى ضرورة وضع ضوابط صارمة على المخابر والمراكز العلمية والمنشآت الاقتصادية المختلفة التي تقوم برمي فضلاتها في

الشبكة العامة للصرف الصحي، والعمل على تركيب وحدات معالجة للحد من تلوث المياه واستدامتها من أجل اعادة استخدامها في ري الأراضي الزراعية. .

1- المقدمة - Introuduction

تعتبر مياه الصرف مصدراً من مصادر الري في العديد من دول المناطق الجافة أمراً حتمياً وليس خياراً في ظل ندرة مصادر المياه العذبة التي بدأت تتسع رقعتها لتصل إلى المناطق نصف الجافة مع انحباس الأمطار والاضطرابات المناخية التي تعاني منها منطقة الشرق الأوسط بشكل عام وسورية بشكل خاص.

يعاني في الوقت الراهن ثلث سكان الكرة الأرضية من نقص حاد في تأمين مصادر للمياه العذبة، وينذر الخبراء بأنه في الخمسين سنة القادمة، سيصبح التلوث أمراً شائعاً وكارثياً في موارد المياه المختلفة التي هي الآن صالحة للشرب أو الزراعة. مسبباً أمراضاً خطيرة، ليس للإنسان فقط بل للحيوان والنبات أيضاً.

وبسبب مشكلة النقص الحاد في المياه العذبة التي تواجه معظم المجتمعات المحلية في العالم بشكل عام وسورية بشكل خاص، وذلك بسبب النمو السكاني الكبير وما يرتبط بمؤشراته من متطلبات تتضمن تأمين الاحتياجات الغذائية من خلال زيادة الرقعة الزراعية من جهة، وتوفير البنية التحتية اللازمة للتنمية الأقتصادية وقضايا الصحة العامة الضرورية لتقدم هذه المجتمعات من جهة أخرى. فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي Wastewater أصبحت ضرورة حتمية في ظل محدودية السبل التي يمكن من خلالها تأمين مصادر عذبة للمياه لاستخدامها في أغراض الري الضروري للإنتاج الزراعي، في ضوء التغيرات المناخية والجفاف الذي أثر بشكل كبير على واردات الزراعة المطرية.

لقد أصبح تلوث الماء مشكلة خطيرة في معظم الدول الصناعية والدول ذات الكثافة السكانية، وبخاصة في كندا والصين والهند واليابان وروسيا والولايات المتحدة، ولقد سنّت الحكومات قوانين تحد من كميات وأنواع النفايات التي يمكن أن تُلقى في الماء، حيث تُنفق الحكومات مبالغ كبيرة من المال على الأبحاث في هذا المجال للحد من مشكلة التلوث ونقص المياه. وما تزال العديد من المدن الكبيرة تطلق كميات هائلة من المياه العادمة غير المعالجة في الأنهار والمياه الساحلية.

لقد حذرت العديد من الدراسات من أن تلوث التربة الزراعية بالكيماويات والفلزات الثقيلة مثل (الكادميوم والرصاص والزرنيخ وغيرها) نتيجة استعمال المياه غير التقليدية (العادمة) في الري على نطاق واسع وخاصة في المناطق الجافة ونصف الجافة من العالم، قد يسبب الإصابة بأمراض خطيرة، حيث يؤدي تناول النباتات المزروعة في الترب الملوثة بالكادميوم إلى تلف الكبد، وارتفاع ضغط الدم. كما يؤدي تناول النباتات المزروعة في ترب ملوثة بالرصاص إلى الإصابة بأمراض في الجهاز العصبي والجهاز الهضمي والدم والكليتين.

إن كل أنواع التلوث (تربة ، هواء ، ماء) سيرد أخيرا إلى التربة، وهي بدورها تنقله إلى كل مرافق وجوانب الحياة وتكتمل دائرة التلوث، وينظر بعدها بالخطر المحدق والكوارث المريعة التي ستلم بالإنسان. وفي الوقت الحاضر يعيش العالم مرحلة من التدهور البيئي نتيجة التلوث في الموارد الطبيعية، تهزه وبعنف ، وعلى كافة الأصعدة الوطنية والإقليمية والدولية، نظرا لانعكاساتها السيئة على

الموارد الطبيعية، والفعاليات الأقتصادية والأجتماعية، لذا كان لزاماً علينا بل واجباً وطنياً وقومياً التصدي لمشكلة التلوث ، والحد منها حفاظاً على استمرارية الحياة لنا وللأجيال القادمة دون أن يكون هناك خلل بيئي ينعكس بدوره على النظم الحياتية، ويكون ضحيته في النهاية الإنسان، الذي هو مصدر التلوث، والمسؤول عن الخلل في التوازن البيئي بسبب إفراطه في الاستغلال واستنزاف الموارد الطبيعية.

وكما هو معلوم إن جميع المنشآت والفعاليات الأقتصادية تقوم برمي فضلاتها إلى شبكة الصرف العامة. وتحتوي مخلفات الكثير من المراكز العلمية والمشافي على الفلزات الثقيلة وهى من أخطر الملوثات التي تصيب التربة الزراعية التي يتم صرفها في المجاري المائية ويعاد استخدامها في الري مرة أخرى. وأهم هذه العناصر الكادميوم والرصاص والزئبق والنيكل والزنك والزرنيخ والنحاس.

من أجل الحد من تلوث التربة الزراعية بفلزات المعادن الثقيلة، فإنه لابد من وجود استراتيجية طويلة المدى لتحديد مصادر تلوث التربة الزراعية، ومن ثم مراقبة حركية فلزات الفلزات الثقيلة وغيرها من الملوثات في التربة، و معرفة مخاطرها الصحية والبيئية المختلفة. مع العمل على وضع الخطط والبرامج اللازمة للتحكم في مصادر تلوث التربة، والعمل على معالجة التلوث.

في هذا المجال تسير الجهود الدولية من أجل الحد من تلوث التربة على قدم وساق، نظراً لكون التربة الصالحة أساس تغذية البشر طبيعياً، وأن المحاولات من أجل وضع خطط الوقاية من تركيز المعادن الملوثة فيها، لم تكن بذلك الحجم المطوب، مما يستدعي بذل أقصى الجهود الممكنة من خلال دعم المخابر العلمية، ومراكز البحوث العلمية المتخصصة في هذا المجال. لتتمكن هذه المراكز من وضع استراتيجيات قادرة على الحد من التلوث وتدهور التربة الزراعية، ضمن سيناروهات تكون قادرة على رسم خارطة طريق هدفها استدامة الموارد الطبيعية مع الحفاظ على صحة الإنسان.

لذلك فإن مراقبة وحماية المجاري بشكل صحيح، أصبحت من أولويات الاهتمامات البحثية للمراكز والهيئات العلمة. بحيث تقلل من وصول الأضرار التي تعيق إعادة تدوير مياه الصرف الصحي، وبالتالي العمل على استدامة مياه الصرف الصحي بحيث نضمن مياه ذات جودة مناسبة للاستعمالات المختلفة ومنها الري الزراعي.

الأهدف والأهمية التطبيقية:

تصنف معظم البلاد العربية ضمن البلاد الفقيرة مائيًا، ومن هذا المنطلق فإنه يجب اعتبار مياه الصرف الصحي جزءاً أساسيًا في الموازنة المائية لهذه الدول وأن يتم استخدامها إلى الحد الأقصى الممكن. ونظراً لاستمرار نقص المياه المتاحة للاستخدام في المجال الزراعي، بسبب تحويل جزء منها للاستخدامات الأخرى (منزلية وصناعية وتجارية)، فمن الملائم استخدام مياه الصرف الصحي للأغراض الزراعية . قامت قاعدة بيانات الاكواستات التابعة لمنظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة بتقدير كميات مياه الصرف الصحي في المدن العربية في عام 2000 وكانت نحو 4 مليارات متر مكعب. ومن الثابت مع مرور الزمن استمرار زيادة كميات مياه الصرف الصحي المجمعة والمعالجة في الدول العربية، وتزايد أهميتها في الموازنة المائية واتساع آفاق استخدامها لأغراض تى أكثرها احتمالاً للأغراض الزراعية.

ويتطلب هذا إيلاء أهمية خاصة لوضوح الرؤية، ففي ظل محدودية الموارد المائية تزداد أهمية تبني الدول سياسات تساعد في ترشيد الاستهلاك واعتماد وسائل متقدمة لإدارة هذه الموارد المحدودة.

يتبين من دراسة معدل الموارد المائية المتجددة السطحية والجوفية في الأحواض المائية في سورية (والتي تقدر بحوالي 10 مليون متر مكعب سنويًا)، وفي ضوء الاحتياجات والاستخدامات الحالية للمياه فإن سورية تعاني من عجز مائي يتم تسديده على حساب مخزون المياه الجوفية، التي تنخفض مناسيبها باضطراد مما يمثل خطراً استراتيجياً على اقتصاد البلاد، وهذا يستدعي ضرورة الاتجاه إلى معالجة مياه الصرف الصحي وإعادة استخدامها لأغراض زراعية وأغراض صناعية، وفي المرافق الترفيهية ولأغراض أخرى كتغذية المياه الجوفية. ومن المشاريع التي لاقت نجاحًا في العالم مشروع سانتي المقام في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، وفيه يتم ضخ المياه المعالجة من محطة سانتي إلى أحد الوديان وتترك لتنساب مسافة قدرها 1 كم خلال الرمل والحصى قبل استرجاعها. ثم يتم توجيه المياه المسترجعة بعد ذلك إلى ثلاث بحيرات متصلة ببعضها ومحاطة بحديقة عامة. تستخدم بحيرتان من تلك البحيرات لصيد الأسماك ورياضة القوارب بينما يتم تعقيم البحيرة الثالثة بمادة الكلور لتستخدم للسباحة. وتطابق نوعية المياه هذه مواصفات الولاية الخاصة بالمياه المستعملة للسباحة. وكذلك مشروع بحيرة الجدول الهندي الذي يأخذ المياه المعالجة من محطة تاهو الجنوبية في ولاية كاليفورنيا الأمريكية، حيث توجد معالجة متقدمة مكونة من عمليات لإزالة النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم كما توجد بها مرشحات رملية ومرشحات الامتزاز الكربوني لتخزن هذه المياه في بحيرة سعتها 27 مليون متر مكعب تستخدم لنشاطات متعددة منها السباحة وصيد الأسماك. كما يعد مشروع مدينة موسكيغون بولاية ميشيغان الأمركية لإعادة استعمال مياه الصرف الصحي من أحدث المشاريع التي أنشئت للاستفادة من تلك المياه في الزراعة وقد صمم هذا المشروع بحيث تمر تلك المياه أولاً على الأراضي الزراعية ثم تصب بعد ذلك في بحيرة وتعد عملية مرور المياه في الأراضي الزراعية إحدى الطرق لإزالة الملوثات إضافةً إلى فائدتها في ري بعض المحاصيل ويقوم هذا المشروع بري أكثر من 2000 هكتار من الأراضي المزروعة بمحصول الذرة. وفي ولايتي كاليفورنيا ونيويورك الأمريكيتين يتم ضخ مياه الصرف الصحي المعالجة إلى الطبقات الحاملة للمياه الجوفية بهدف إيقاف تطفل ماء البحر المالح على طبقة الماء العذب الجوفي.

من جهة أخرى، فإنه يترتب نتيجة عدم توفر أنظمة للصرف الصحي – أو سوء إدارتها – تحميل الدولة تكاليف مالية باهظة تتمثل في كلفة معالجة الأمراض المحتمل انتشارها، وكذلك كلفة إزالة التلوث المحتمل لمصادر مياه الشرب، وانخفاض الثروة السمكية من جراء تلوث الأنهار والبحار وانخفاض العائدات السياحية، وانخفاض قيمة الأراضي والمباني. ومما لاشك فيه أن عدم توفر مصادر دائمة ومتجددة لمياه الشرب المأمونة وأنظمة مناسبة للصرف الصحي من شأنه أن يساهم في انخفاض المستوى المعاشي للسكان وتعتبر شرائح الفقراء الأكثر تضرراً من مثل هذه الأوضاع، نظراً لوجود عوامل أخرى تساعد أيضاً في التأثير سلباًعلى مستوى معيشتهم. وتعد الأنظمة المالية السليمة أحد المفاتيح الرئيسية للحفاظ على نوعية جيدة من خدمات الصرف الصحي، ومع أن الشائع في كافة الدول العربية حالياً هو قيام الحكومات بتمويل تنفيذ مشاريع الصرف الصحي، وكذلك فإن استرداد الكلفة الكلية لهذه المشاريع قد يبدو أمراًصعباً في المدى المنظور، إلا أنه من الأهمية بمكان اعتماد أنظمة مالية يتم بموجبها استرداد جزء من الكلفة، لتغطي على الأقل نفقات تشغيل وصيانة مرافق الصرف الصحي.

ومن هذا المنطلق جاء هذا البحث ليسلط الضوء على مفهوم استدامة ماء الصرف الصحي sustainability of wastewater من خلال تقييم نوعية الملوثات التي تقذف في المجاري المرتبطة بمخابر التحليل الموجودة في المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب، بهدف تقليل تكاليف معالجة مياه الصرف الصحي وإتاحة استخدامه في ري معظم النباتات. وفيما يلي أهم الأهداف التي حاول هذا البحث تحقيقها:

1- تقييم نوعية الملوثات التي ترمى في المجاري المرتبطة بمخابر التحليل والعيادات المختلفة الموجودة في المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب.

2- تقييم نوعية مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب.

3- تقييم الناجمة عن مخابر التحليل النوعية التابعة لجامعة حلب في تأثيرها على نوعية مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية (دراسة حالة).

4- دراسة حركية وانتقال الفلزات الثقيلة في التربة (دراسة حالة عنصر الرصاص).

II - الدراسة المرجعية - Literature review

1.2. نظرة عامة:

عرفت منظمة الصحة العالمية (WHO, 2006) تلوث المياه: "بأنه أي تغيير يطرأ على العناصر الداخلة في تركيبه بطريقة مباشرة أو غير مباشرة بسبب نشاط الإنسان" ، الأمر الذي يجعل هذه المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها أو بعضها. و بعبارة أخرى تلوث الماء هو عبارة عن "التغيرات التي تحدث في خصائص الماء الطبيعية والبيولوجية والكيمائية مما يجعله غير صالح للشرب أو الاستعمالات المنزلية والصناعية والزراعية".

لذلك فإن مراقبة المجاري بشكل صحيح يمنع الأضرار الصحية التي من شأنها أن تضر بالإنسان. وخاصةً في الآونة الأخيرة مع تعاظم مشكلة الجفاف فإن مياه الصرف الصحي أصبحت مورداً من الموارد المائية، والعديد من المناطق الزراعية (وتحديداً في السهول الجنوبية من محافظة حلب) حيث يقوم المزارعون بضخ هذه المياه بشكل عشوائي بغرض الري.

وقد ذكر (Hamilton *et al.*, 2007) في تقرير نشر في مجلة Vadose Zone Journal في العدد 4 من المجلد 6 أن حوالي 20 مليون هكتار من الأراضي الزراعية في العالم تروى بمياه الصرف الصحي wastewater، وأشار التقرير إلى أن هذا الرقم قابل للزيادة في العقود القليلة القادمة بسبب الإجهادات المائية الناتجة عن التغيرات المناخية والتضخم السكاني الذي يشهده العالم. لذلك تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف العادمة في الري هي المخرج الرئيسي لزيادة الرقعة الزراعية والتوسع الزراعي. ويشير التقرير نفسه إلى أن حوالي 2.3 بليون نسمة من سكان العالم في عام 1995 يعيشون على ضفاف الأنهار والمجاري المائية. ومن المتوقع ارتفاع هذا العدد إلى 3.5 بليون نسمة بحلول عام 2025. وركز التقرير على أن إعادة استخدام المياه العادمة لن يشمل فقط الدول النامية بل سيمتد ليشمل الدول المتطورة.

وفي هذا السياق، ذكر تقرير صادر عن منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2001) أن كمية مياه الصرف الصحي في مصر تقدر بحوالي 2.8 بليون م^3/سنوياً، وقد تصل إلى 6.2 بليون م^3/سنويا عام 2017. وبحسب التقرير يحظر صرف هذه المياه إلى مجرى نهر النيل وفروعه. وأجاز القانون صرفها إلى المصارف الزراعية والبحيرات غير العذبة. وبناءً عليه أشار التقرير إلى أن مياه الصرف الزراعي تقدر بحوالي 14.5 بليون م3 / سنوياً. ويعاد استخدام حوالي 7.5 بليون م3 / سنوياً سواء مباشرة أو من خلال المزج مع المياه العذبة. وأشار التقرير إلى أن مياه المصارف الزراعية تتلقى مياه المجارى المحملة بالمواد العضوية والكيماويات والمبيدات الزراعية والمعادن الثقيلة ومسببات الأمراض. وكذلك ذكر التقرير أن مياه الصرف الصناعي المحملة بالمعادن الثقيلة والسامة قد تمزج في كثير من الأحيان مع مياه الصرف الزراعي التي قد تؤدي إلى تدهور النظم الزراعية المجاورة لقنوات الصرف الزراعي.

وفي سورية لا تخلو منطقة زراعية من وجود مظاهر التلوث المائي نتيجة اختلاط مياه المجاري والصرف الصناعي مع مياه الصرف الزراعي التي بدأ الاعتماد عليها كمصدر ثانوي للري في بعض الأوقات التي تشح فيها المياه، إلى مصدر أساسي في المناطق التي تندر فيها مصادر المياه العذبة كما هو عليه الحال في المصارف الزراعية التي تصب في بحيرة الجبول في شرق حلب والمجاري المائية التي تصب في سيحتي أبو ضهور وجزرايا في جنوب حلب. حيث تحولت هذه المصارف إلى مشاريع زراعية ضخمة تقوم بضخ مياه الصرف إلى الأراضي الزراعية بمعدلات تفوق أضعاف ما يصل إليها من المياه العذبة (مياه لأمطار أو المياه الجوفية). مما يشكل خطراً قد لا تظهر أثاره السلبية إلا على المدى الطويل في حال استمرار استخدام هذه المصادر في ري الأراضي الزراعية دون القيام بالعديد من الضوابط التي تمنع استخدام هذه المياه بدون معالجة.

في الواقع تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف العادمة في الري هي المخرج الرئيسي لزيادة الرقعة الزراعية والتوسع الزراعي. وقد قامت أكاديمية البحث العلمي في مصر (FAO, 2003) بدراسة الآثار السلبية والإيجابية للري بمياه الصرف الصحي غير المعالجة لمدة 4 سنوات بمنطقة أبو رواش (جنوب القاهرة). وتمثلت الآثار السلبية في تراكم الفلزات الثقيلة أوالعناصر الصغرى بتراكيزعالية في أنسجة النبات وهذه العناصر تسبب أضراراً لصحة الإنسان. بينما تمثلت الآثار الايجابية بالنقاط التالية:

- زيادة إنتاجية الأراضي: حيث ارتفعت إنتاجية الذرة من 700 كغ/فدان فى السنة الأولى إلى 2 طن بعد أربع سنوات.
- زادت نسبة المادة العضوية في الطبقة السطحية للتربة من 0.1 – 0.5%.
- انخفض الرقم الهيدروجيني pH من 8.5 إلى 6.5 مما أدى إلى تيسير بعض العناصر الغذائية فى التربة مثل الفوسفور والحديد والمنغنيز والزنك مما أدى إلى زيادة انتاجية المحصول.

وفي نفس السياق، أشار (طرابلسي، 2013) إلى زيادة خصوبة التربة نتيجة الري بمياه الصرف الصحي نتيجة احتوائها على العناصر المعدنية الكبرى، بالإضافة لاحتواء هذه المياه على العناصر المعدنية الصغرى. وقد جاء في تقرير نشر من قبل المؤسسة العامة لاستصلاح الأراضي، أوضح من خلاله (طرابلسي، 2013) أن انتاج مدينة حلب من المياه المعالجة بلغ في عام 2008 نحو

374 الف م^{3}/ يومياً، أي بواقع 135 مليون م^{3}/سنوياً، واذا تم استخدام هذه المياه بطرائق الري الحديثة فإن ذلك يوفر مياه ري لمساحة قدرها 20000 ألف هكتار. ويشير التقرير إلى أن نتائج التحاليل الكيميائية لهذه المياه تحتوي على العناصر الغذائية الكبرى (N,P,K) بمتوسط قدره 23، 13، 36 ملغ/ليتر على التوالي. وبافتراض أن الاحتياج المائي للهكتار يبلغ 7000 م3/هكتار، فإن كمية الأسمدة المضافة مع ماء الري تكون لكل من الأزوت والفوسفور والبوتاسيوم 252، 91، 161 كغ/هكتار، على الترتيب. وهذا يوفر ملايين الليرات سنوياً ثمن أسمدة معدنية بالإضافة إلى حسن توزيع الأسمدة على طول فترة النمو الخضري للنبات بشكل دفعات قليلة مما يزيد من كفاءة الاستفادة من هذه الأسمدة (قاسمو، 2009).

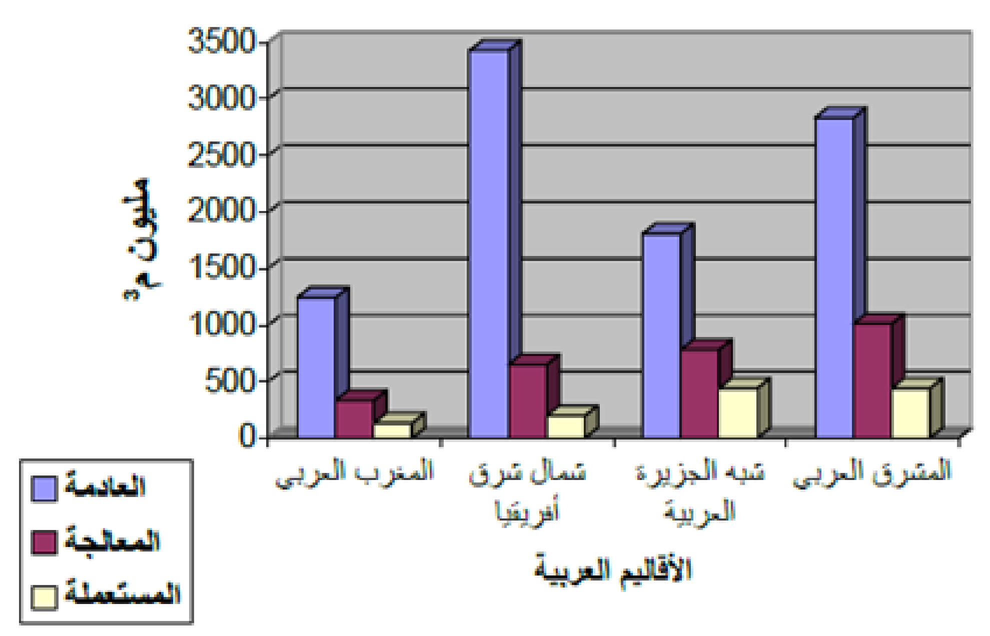
وجاء في تقرير نشر من قبل منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2001) أن من أهم الدراسات التى تمت بمصر لتقييم جدوى اعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الري، تلك التى أجريت بمزرعة الجبل الأصفر التى تروى بمياه الصرف الصحى لمدينة القاهرة منذ عام 1911 وذلك بعد اجراء عمليات التنقية الأولية بأحواض الترسيب. ويوضح الجدول رقم (1) أثر الرى بمياه الصرف الصحى المعالج أولياً على العناصر الميسرة فى التربة (الطبقة السطحية 0−30سم) على فترات مختلفة بمزرعة الجبل الأصفر.

الجدول رقم (1): أثر الرى بمياه الصرف الصحى المعالج أولياً على العناصر الميسرة فى التربة بمزرعة الجبل الأصفر (مصر)

العنصر ملغ /كغ تربة	سنوات الاستزراع			
	أرض بكــر	8 سنوات	30 سنة	60 سنة
نتروجين	16	38	88	135
فوسفور	6	52	80	114
بوتاسيوم	39	54	78	334
حديد	36	118	220	334
منجنيز	10	29	67	148
نحاس	0.4	11	27	41
زنك	0.1	34	120	323
كادميوم	0.05	0.15	0.27	0.68
رصاص	0.7	8.3	9.7	42.2
نيكل	0.12	0.9	2.5	4.1
كوبلت	0.17	0.36	0.26	0.75

– * **المصدر: تقرير معهد بحوث الأراضى والمياه والبيئة، مصر.** 2002.

وبين (عباس وأخرون، 2008) أن كمية المياه العادمة (الصرف الصحي والصناعي) قدرت في الوطن العربي بـ (9) مليارات /م^{3} عام /1997/ وان ثلثي هذه الكمية هي مياه معالجة يتم استخدام جزء يسير منها لأغراض الري الزراعي. ويظهر الشكل (1) كميات المياه المعالجة المستخدمة في الري في بعض الأقاليم العربية (FAO.1997).



الشكل رقم (1): كميات المياه العادمة والمعالجة والمستعملة في الري لبعض البلدان العربية (المصدر: FAO, 1997).

تعتمد أغلب الدول العربية على محطات معالجة تعمل بمبدأ الحمأة المنشطة وهذه الطريقة من المعالجة غير فعالة في إزالة العوامل الممرضة بدرجة عالية وخاصة بيوض الديدان، وبما أن هذه المياه المعالجة سوف يتم استخدامها لري المزروعات لذا قامت العديد من البلدان بوضع معايير بيولوجية بالغة الصرامة لإعادة استخدام المخلفات السائلة المعالجة واتبعت بعض البلدان المعالجة الثلاثية فأقامت مرافق للترشيح الرملي السريع والكلورة بعد المعالجة البيولوجية الثانوية للمجاري (Shoread, 2005).

وفي ما يلي نظرة عامة عن إعادة استعمال مياه الصرف الصحي في بعض البلدان العربية:

- **السعودية**: قدرت كمية مياه الصرف الصحي في عام 2000 بـ 674 مليون م^3/ سنة، ونوع المعالجة ثانوية وبعضها ثلاثية وغالبيتها تعمل بطريقة برك الأكسدة (Shammas, 1991).
- **الإمارات العربية المتحدة** : بدأت إمارة أبو ظبي في المعالجة منذ عام 1976 بصورة كبيرة، وتوجد في كل من أبو ظبي ودبي والشارقة والعين محطات تبلغ طاقتها الإجمالية 300 ألف متر مكعب في اليوم، ونوع المعالجة ثلاثية.
- **البحرين**: توجد في البحرين محطة رئيسية تبلغ طاقتها 150 ألف متر مكعب في اليوم وتتم بالمعالجة الثانوية، وهي الدولة الوحيدة في الوطن العربي التي تعالج المياه العادمة بواسطة غاز الأوزون، تقوم البحرين بخطة ثلاثية حيث يتوقع في نهاية 2015 أن يتم ري حوالي 370.000 هكتار بالمياه المعالجة، وهذا يعني أن ما لا يقل عن 1950 مليون م^3 / سنة سوف يكون متاحاً (Thanh and Visnanathan, 1991).
- **قطر**: تعتبر قطر من أوائل دول العالم التي مارست إعادة استعمال مياه العادمة المعالجة لأغراض الري، وتوجد محطتان رئيسيتان للمعالجة طاقتهما الإنتاجية تقدر بحوالي 80000 م^3/ يوم، ونوع المعالجة ثانوية ثم طورت إلى ثلاثية.

- **تونس:** يعالج جزء من المياه العادمة البالغة 1.6% من مجموع مصادر المياه الكلية معالجة أولية وثانوية حيث تبلغ كمية المياه المعالجة 100 مليون م^3/سنة (Bahri، 1991)، ويرجع استخدام المياه المعالجة في تونس لعام 1960م، وتوجد فيها 26 محطة تنقية ويستخدم 10% من المياه المعالجة سنوياً في ري أشجار العنب والزيتون وبعض المحاصيل الصناعية، (اللبدي،1989).
- **الجزائر:** تعالج المياه معالجة أولية وثنائية بحدود 400 مليون م^3/سنة ووصلت في عام 2000 إلى 600 م^3/سنة وهي تعالج معالجة ثلاثية (Thanh and Visnanathan, 1991).
- **المغرب** : تبلغ كمية للمياه المعالجة 350 مليون م^3/سنة أي ما نسبته 17.2% من المياه المتاحة وتستخدم لري 100 ألف هكتار من حقول القمح (أكساد،2002).
- **مصر:** بدأت مصر باستخدام المياه العادمة المعالجة معالجة أولية فقط في منطقة الجبل الأصفر منذ عام 1911 لري حوالي 4 آلاف هكتار من الأراضي الصحراوية، أما في عام 2000 كانت كمية المياه المعالجة تقدر بنحو ثلاثة بلايين م^3/سنة، ومن المتوقع أن يكون هناك عجز مائي قدره 3.88 بليون م^3 في عام 2015 (الجيلاني،1998).

ولقد قام (Hilal et al., 1995) بدراسة شاملة على مدى خمس سنوات فى جمهورية مصر العربية كان هدفها تقييم التدهور الناتج عن عوامل التلوث وقد اعتمدوا في خطة العمل لهذه الدراسة على جمع المعلومات والبيانات من خلال التقارير والدراسات الدولية والقومية والمحلية، وكذلك من التجارب الميدانية التي تم الاعتماد عليها كمصدر أساسي لتقييم تدهور النظم البيئية نتيجة تلوث التربة والماء. ولقد توصلوا إلى عدة توصيات للحد من التلوث من بينها ضرورة معالجة مياه الصرف الصحي، وترشيد استهلاك الوقود، والعمل على اخضاع الأراضي الزراعية لدورات زراعية يتم من خلالها ايجاد التركيب المحصولي المناسب.

- **الأردن:** كمية المياه المتاحة والمعالجة 40 مليون م^3/سنة (اللبدي، 1989) وتبين إحصائيات عام 1985 أن 18 مليون م^3/ سنة تستخدم لري 30000 هكتار (Arar, 1988)، وهذه المياه ذات معالجة أولية وثانوية، في حين كانت كمية المياه العادمة عام 2000 حوالي 60.5 مليون م^3/ سنة (EL-Salem and Talhoun, 1988).

وفي سورية : تشير الدراسات إلى أن المياه العادمة كانت تستخدم دون معالجة في كل من غوطة دمشق بعد خلطها بمياه نهر بردى، وكذلك في سهول حلب الجنوبية، وتشير الدراسة التي قام بها (Al-Rifai, 1988) بأن 50 مليون م^3/سنة تستخدم في ري غوطة دمشق، وأنه في عام 2000 ارتفعت هذه الكمية إلى نحو 125 مليون م^3/سنة. وأوضح (دركلت وأخرون، 2007) أن كمية المياه العادمة الناتجة عن شبكات الصرف الصحي سنة /1993/ تقدر بنحو 610 مليون م^3/سنة، وذكروا أنه من المتوقع أن تصل كميـة المياه العادمة التي ستعالج في أنحاء القطر عام /2010/ إلى نحو 1.15 مليار م3، وتشكل هذه الكمية مصدراً رديفاً هاماً للمياه في الجمهورية العربية السورية.

بينت منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO, 1997) أنه لا مفر من استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في سوريا على مستوى واسع من أجل عمليات ري المزروعات لتطوير وتنمية الإنتاج

الزراعي، وإن الزيادة السريعة في عدد سكان المدن، إضافة إلى زيادة استهلاك المياه الصالحة للشرب أدى إلى زيادة حجم مياه الصرف الصحي بشكل سريع، فقد قدر حجمها بين 400 – 700 مليون م^3/يوم في الفترة الواقعة بين عامي 1990–2000 ومن المتوقع إن يصل حجمها الى 1600 مليون م^3/يوم في نهاية عام 2025 (FAO, 1997).

2.2. مصادر التلوث بالفلزات الثقيلة:

يوجد مصدرين رئيسين لتلوث التربة بالفلزات الثقيلة .المصدر الأول يمثل مادة الأصل في الصخور النارية والرسوبية المنتشرة في القشرة الأرضية حيث تختلف محتوياتها من الفلزات الثقيلة (Horckmans *et al.,* 2005)، بينما يمثل المصدر الآخر النشاط البشري من صناعة، وتعدين، وزراعة (Gray *et al.,* 1999; Hernandez *et al.,* 2003; Al-Farraj and Al-Wable, 2007). وقد أسفر النشاط الزراعي عن تراكم كثير من الملوثات نتيجة استخدام الكيماويات الزراعية من أسمدة ومبيدات، حيث تضيف إلى رصيد الفلزات الثقيلة بالتربة كميات متزايدة سنوياً بحسب نوع المادة الملوثة وطبيعتها. والجدول رقم (2) يوضح المصادر الزراعية لبعض العناصر المسببة لتلوث التربة (ملغ/كغ) التي ذكرها (عبد الصبور، 2000).

الجدول رقم (2): تركيز الفلزات الثقيلة (ملغ/كغ) في بعض الأسمدة المضافة للتربة (عبد الصبور، 2000).

العنصر	سماد الصرف الصحي	أسمدة فوسفاتية	أسمدة نتروجيينة	السماد البلدي
الرصاص	3000 - 50	225 – 7	27 – 2	15 - 6.6
الكروم	40600 – 20	245 - 66	19 – 3.2	55 - 5.2
النيكل	5300 – 16	38 – 7	34 – 7	30 - 7.8

ويتضح من الجدول (2) الكميات العالية من الفلزات الثقيلة (الرصاص والكروم والنيكل) التي تضاف إلى التربة عن طريق الصرف الصحي. وقد أظهرت الدراسات البيئية عن مدخلات الفلزات الثقيلة ومخرجاتها واتزان البيئة أن هناك زيادة في تراكيز هذه العناصر في التربة السطحية على المستوى العالمي، نتيجة لزيادة الأنشطة الصناعية والزراعية. وهناك العديد من الأدلة على أن تركيب التربة السطحية يتأثر بالملوثات المحلية أو المنقولة من مكان إلى آخر على المدى الطويل (عبد الصبور،2000). وقد وجد أن الأسمدة الفوسفاتية تحتوي على قدر من الفلزات الثقيلة (عبدالباري، 2000) ، ومن ثم إن الإضافات المتتالية منها قد تؤدي إلى تراكم هذه العناصر في الترب الزراعية حيث تعتبر الأسمدة الفوسفاتية هي المصدر الرئيسي لهذه الملوثات.

توجد الفلزات الثقيلة في التربة بصورة طبيعية بواحدة أو أكثر من الصور الست التالية: ذائبة في محلول التربة، ومدمصة على الجزء الصلب المعدني (حبيبات التربة)، ومرتبطة مع المادة العضوية، ومترسبة كمادة صلبة، وكمعادن ثانوية في التربة، أو مساهمة في بناء بلورات العناصر الأولية في التربة. إلا أن وجود الفلزات الثقيلة في التربة بالصور الأربعة الأولى قد يسهم فيها الإنسان بشكل كبير،

نتيجة لنشاطاته المختلفة في الزراعة، والصناعة، بجانب وجودها بصورة طبيعية. وقد وجد أن تركيز الفلزات الثقيلة في التربة نتيجة انحلالها أثناء عمليات التجوية أعلى من التركيز الموجود في المياه السطحية والجوفية (Langmuir *et al.*,2003)، ويرجع ذلك إلى عملية التبخر نتح، بالإضافة إلى أن نسبة الجزء الصلب إلى الجزء السائل في التربة تكون أعلى، نتيجة لتأثير التخفيف في الماء، ونتيجة لاحتجاز التربة لجزء كبير من الملوثات بها (Langmuir et al., 2003).

يكثر تراكم الفلزات الثقيلة على سطح التربة في مناطق التعدين والنشاط الصناعي مما يؤدي إلى مشكلات بيئية (Samsoe-Petersen et al., 2002 and Baker., 1990)، منها وصول تركيز هذه العناصر حد السمية للنبات، والحيوان، والإنسان، وهو ما يعرض الإنسان لمشكلات صحية خطيرة (Forstner.,1995 ; Stalikas et al.,1997). وقد توصل (Oliver,1997) إلى أن الزيادة في تركيز الفلزات الثقيلة يجعلها تتحول إلى عناصر سامة، وهذا يؤدي إلى مشاكل صحية خطيرة إذا ما تسربت إلى السلسلة الغذائية. وقد حذر (Schroeder and Balassa, 1963) من خطورة الأسمدة المعقدة التي تحتوي على تراكيز عالية من الفلزات الثقيلة، وأشارا إلى ضرورة قيام دراسات جادة لبحث التلوث الناتج من الأسمدة.

تصل الفلزات الثقيلة إلى التربة من عدة مصادر وتتراكم على سطح التربة وفي منطقة الجذور عاماً بعد عام، وأصبحت هذه العناصر تمثل تهديداً مزمناً للإنتاج النباتي والحيواني وعلى صحة الإنسان .ولقد نوه عدد من الباحثين بأن معادن الزئبق والكادميوم والرصاص والنيكل والكروم والنحاس والزنك تسبب أضراراً بالغة للبيئة ولصحة الإنسان وقد يصل تركيزها بالتربة إلى معدلات سامة. ولكن (Hilal et al., 2000) ذكروا أن احتمالات التلوث بالزئبق أو الكروم أو الكادميوم تعد محدودة فى المناطق الصحراوية نتيجة غياب بعض الأنشطة الصناعية، ولكن التلوث بعناصر الرصاص والنيكل والنحاس والزنك يعتبر أكثر احتمالاً وانتشاراً في هذه المناطق.

يؤدي تلوث التربة بالفلزات الثقيلة إلى تثبيط النشاط الإنزيمي للميكروبات، وكذلك يؤدي إلى اختزال التنوع في المجتمعات النباتية والحيوانية في التربة. ويؤدي أيضاً تلوث التربة إلى الإخلال بالتوازن الموجود بين العمليات الفيزيائية، والكيميائية، والحيوية في التربة، وهي العمليات التي على أساسها تبنى خصوبة التربة. ومن جهة أخرى، هناك ضرر يصيب الإنسان، إما مباشرة من خلال تناوله النباتات النامية في التربة الملوثة، وإما غير مباشرة من خلال تناوله لألبان ولحوم الحيوانات التي تغذت على النباتات النامية بالتربة الملوثة، وكل ذلك يؤدي إلى انتقال الفلزات الثقيلة للإنسان (Forstner, 1991).

في الواقع لقد حظيت مشاكل تلوث التربة والماء والغذاء بالنترات والمعادن الثقيلة اهتماماً عالمياً واسع النطاق منذ الربع الأخير من القرن الماضي نظراً لاضرارها المتزايدة والمزمنة (Cotteni et al., 1982 ;Chumpley, 1971).

وفى تصنيف لمظاهر التلوث أضاف (Hilal et al., 1995) أن الضرر البالغ الناتج عن المبيدات ومشتقات البترول تمثل خطراً مباشراً فى المناطق الجافة إلا أنها تتحلل بمعدلات عالية وتترك

أثراً متبقياً قليلاً. وأما مشكلة التلوث بالنترات فهي تنحصر فى وجودها في الغذاء وخاصة في المحاصيل الجذرية والورقية وفي وصولها إلى المياه الجوفية ومياه الشرب ولكن تحولات صور النتروجين بالتربة تعتبر سريعة وأثرها المتبقي على النظام الزراعي يرتبط فقط بالتسميد الكثيف وغير المتوازن للمحاصيل.

تصل مخلفات الأنشطة غير الزراعية من صرف صحي وصرف صناعي وعوادم السيارات بالضرورة إلى التربة فى البيئة المحيطة وتساهم بنسبة كبيرة فى تراكم المعادن الثقيلة في التربة. فمياه الصرف الصحي والصناعي يعاد استخدامها في الري. أما عوادم السيارات فيتساقط على المساحات المتاخمة للطرق السريعة والزراعية ويعتبر المصدر الرئيسي للتلوث بالرصاص. ولقد أشار (Abdel–Hady et al., 2001) أنه تحت ظروف ندرة المياه فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحي فى الري يصبح شائعاً فى المناطق الجافة وتكتسب إعادة الاستخدام هذه اهتمام الباحثين نظراً لأنها مصدر خطير لتلوث الأرض والغذاء، بالإضافة إلى كونها الأكثر وجوداً في المناطق الجافة ونصف الجافة التي تعاني من ندرة في مياه الري.

وأشار (Hilal, 2000) إلى الاختلافات الموسمية في تحاليل مياه الصرف الصحي وإلى أهمية محطات المعالجة. ولقد وجد أيضاً أن الاستخدام طويل الأمد لمياه الصرف الصحي قد يؤدي إلى تراكم معنوي في الزنك والرصاص والكادميوم والبورون. وأوضح (Shahin et al., 1988) أن تراكيز الزنك والرصاص والمنجنيز قد زادت بالمنطقة الصناعية في حلوان من 7 إلى 16 ضعف تركيزاها فى الأراضي الزراعية غير المتأثرة بالتلوث. وقد سبق أن أوصى (Hilal et al., 1995) بقصر استخدام مياه الصرف الصحي لري الأشجار الخشبية ونباتات الزينة والمسطحات الخضراء وتلافي استخدامها لري الخضر والفاكهة.

لقد أوضح (Shafei et al., 2001) أن التأثير الضار والملوث للتربة بعناصر النحاس والزنك والنيكل والرصاص يرتبط بتوزيعها فى قطاع التربة وهجرتها من منطقة الإضافة إلى مجال الجذور. وأفاد بأن المعادن الثقيلة تتحرك مع المحلول الارضي إما في صورة أيونات ذائبة أو في صورة مخلبية وكذلك في صورة مصاحبة لجزئيات أو خلايا متحركة. وفقط عندما تتراكم هذه العناصر في مجال منطقة الجذور ويتم امتصاصها من قبل النبات تتسبب في حدوث ضرراً مباشراً للنبات. وقد تصل الى اللبن والمنتجات الحيوانية الأخرى. أو يتم غسيلها إلى أسفل قطاع التربة، وتتسبب في تلوث الماء الأرضي ومياه الشرب.

2–3– العوامل التي تؤثر في سلوك الفلزات الثقيلة في التربة:

تكمن المشكلة الحقيقية لوجود الفلزات الثقيلة في التربة بأن أيونات هذه الفلزات الثقيلة (الفلزات وأشباه الفلزات) عند توافرها بتراكيز مرتفعة تكون سامة للإنسان والكائنات الأخرى، وإن كان بعضها ضروري للأحياء بتراكيز ضئيلة. وعندما يكون تركيز هذه العناصر مرتفعاً في محلول التربة فإنها قد تتسرب إلى المياه السطحية والجوفية أو يمتصها النبات ويراكمها داخل أنسجته (Schutzendubel and Polle, 2002)، وبالتالي تدخل في الشبكة الغذائية وبطريقة مباشرة أو غير مباشرة يستهلكها

الإنسان أو الحيوان. وفيما يلي أهم العوامل التي تؤثر في حركية وانتقال الفلزات الثقيلة في الترب الزراعية:

2-3-1- سرعة حركة الماء في المسام:

إن زيادة معدل إضافة الماء (التدفق) تزيد من حركة العناصر، إلا أن معدل الحركة قد يقل وذلك نتيجة لادمصاص بعض العناصر على سطوح حبيبات التربة. ويتوقع أن تكون كمية العناصر المدمصة على التربة بنفس اختلاف سرعات السريان بشرط أن يكون الزمن كافياً للاتصال مع السطح الذي يحدث عليه الادمصاص. وتأثير السرعة على الادمصاص للعناصر المتفاعلة (الكاتيونات) يشابه تلك العناصر غير المتفاعلة مع سطوح حبيبات التربة (الانيونات) حيث يعطي نفس النتيجة من انخفاض (Miller *et al.,* 1989; Shimojima and Sharma, 1995).

2-3-2- قوام التربة:

يؤثر التوزيع الحجمي لحبيبات التربة في محتواها من الرصاص والنيكل والكروم، فالحبيبات الناعمة تمتلك سطحاً نوعيًا أكبر وأكثر نشاطاً من الحبيبات الخشنة. وكنتيجة لذلك، تحتوي الحبيبات الناعمة عامة على تركيز أعلى من النيكل، والكروم، والرصاص، (Dzombak et al., 1994; Wu, 2004; Wang and Chen, 2003) ويؤثر قوام التربة في قيم التوصيل الهيدروليكي المشبع، ومعدل الرشح للتربة، حيث إن زيادة حجم المسام الكبيرة في التربة لها تأثير كبير على حركة الماء في التربة مما يؤدي إلى زيادة التوصيل الهيدروليكي المشبع للتربة، وهذا ما ينعكس تأثيره في زيادة حركة الملوثات داخل جسم التربة، ومن ثم وصولها إلى المياه الجوفية وتلوثها (Beven and Germann, 1982).

2-3-3- الرقم الهيدروجيني للتربة pH:

يعد الرقم الهيدروجيني عامل مهم في التحكم في ذوبانية العناصر الملوثة وإتاحتها في التربة في مدى اختلاف قوام التربة ومحتواها من المادة العضوية (Filius et al., 1998). ولقد وجد (Christensen, 1984) زيادة في السعة الادمصاصية خطياً بأكثر من ثلاث مرات لكل زيادة في رقم الحموضة للتربة في المدى من 4.4 – 7. حيث يؤثر الرقم الهيدروجيني في زيادة السعة الادمصاصية للتربة.

2-3-4- تركيز العنصر:

يعتبر تركيز العنصر في محلول التربة عامل مهم في عملية الادمصاص والتبادل على سطوح حبيبات التربة، فنجد أنه بزيادة تركيز العنصر في المحلول تزداد فرصة ادمصاص وتبادل العنصر على سطح التربة (Stevenson, 1994). وهناك عوامل عديدة تؤثر في تركيز العنصر في محلول التربة منها: التركيز الكلي للعنصر والرقم الهيدروجيني للتربة الـ pH، حيث يؤثر الأخير في ذوبانية العنصر ومن ثم في ادمصاصه أو تبادله على سطح حبيبات التربة، وكذلك في قدرته على الانتقال خلال قطاع التربة (Dhillon and Dhillon, 1999). وعلى العكس فقد أوضح (Gray et al., 1999) أن ميل الأيونات للادمصاص على سطوح حبيبات التربة يقل مع زيادة التركيز، لذلك تعد قيمة معامل التوزيع partitiont coefficient (الذي يصف العلاقة بين تركيز العنصر المدمص على حبيبات التربة إلى

تركيزه في محلول التربة عند الاتزان) أكثر أهمية في حالة استخدام تركيزات منخفضة بينما تقل في حالة التركيزات العالية.

2-3-5- محتوى التربة من كربونات الكالسيوم $CaCO_3$:

يؤثر محتوى التربة من كربونات الكالسيوم على ادمصاص الفلزات الثقيلة بشكل عام وعلى ادمصاص الرصاص بشكل خاص على سطوح حبيبات التربة، ويظهر ذلك التأثير في الترب الجيرية عن طريق التفاعل السطحي، وعن طريق غير مباشر من خلال التحكم بالرقم الهيدروجيني الـ pH (McBride, 1980). وتعد عملية الترسيب الميكانيكية هي الأكثر أهميةً في احتفاظ التربة ببعض الفلزات الثقيلة، فعند أي تركيز أكثر من حاصل الإذابة Ksp (ثابت جداء الذوبان Solubility Product) فإن بعض الفلزات الثقيلة يمكن أن تترسب على سطوح الجير Calcite Surface ومن ثم تتخلل ببطء مكونةً مادة صلبة في المحلول (van Cappellen et al.,1993). وقد وجد (Cowan et al., 1991) أنه من الممكن أن تتنافس الفلزات الثقيلة مع الكالسيوم على مواقع الادمصاص السطحية للتربة.

2-3-6- محتوى التربة من المادة العضوية:

تشكل المركبات العضوية الثابتة والناتجة من تحلل بقايا النباتات والكائنات الحية في التربة أكثر من 90 % من المادة العضوية في التربة (Cresser *et al.,* 1993). والجزء المهم من المادة العضوية في التربة يكون مرتبطًا بشده بالمكونات غير العضوية للتربة، مثل معادن الطين، والأكاسيد المتأدرتة عندما تكون مغلفة لمعادن الطين (Stevenson,1994).

2-3-7- السعة التبادلية الكاتيونيه CEC:

بالإضافة للادمصاص النوعي للعناصر الثقيلة والسائد على المركبات العضوية وسطوح الأكاسيد في التربة فإن التبادل الكاتيوني يمكن أن يساهم في عملية الادمصاص، إلا إن ذلك يكون في نطاق محدود (Kasap *et al.,*1999). ويحدث الادمصاص النوعي والتبادل الكاتيوني في التربة معاً على مواقع الادمصاص، وهذه التفاعلات تكون مرتبطة ببعضها، وتكون نتيجتها اتزاناً ديناميكياً يساهم في تبادل بعض الفلزات الثقيلة وادمصاصها. ويفسر محتوى التربة من المادة العضوية، ومحتواها من الطين أغلب الاختلافات في السعة التبادلية للتربة(Christensen, 1989; Eriksson, 1989). ففي الترب التي فيها محتوى عالٍ من الطين يتحكم التجاذب الإلكتروستاتيكي في ذوبانية بعض الفلزات الثقيلة بدرجة أكبر مما يحدث في الترب العالية المحتوى من المادة العضوية (Jansson, 2002) . وفي الترب العالية التركيز من بعض الفلزات الثقيلة نجد أن الادمصاص الذي يتم بطريقة التبادل الكاتيوني ربما يكون أكثر أهمية مقارنة بالادمصاص النوعي (Riffaldi et al., 1983).

2-3-8- زمن التلامس مع سطوح الحبيبات (زمن الاتزان):

يؤثر زمن التلامس للعناصر الثقيلة مع حبيبات التربة في عملية الادمصاص، فقد وجد أنه يزداد الادمصاص بزيادة زمن التلامس للمحلول مع سطوح حبيبات التربة إلى أن يحدث الاتزان عند

زمن معين، وهذا ما توصل إليه العديد من الباحثين (Goh and Lim, 2004; Krishnamurti *et al.,* 1999). وقد قام (العبد الله، 2012) بدراسة ادمصاص عدد من الفلزات الثقيلة منها الرصاص والنيكل والكروم والكادميوم على الرواسب الحاملة للزيوليت المنتشرة في الجنوب الشرقي من سورية، وقد توصل إلى وجود علاقة خطية بين ادمصاص هذه العناصر مع الزمن وفي كل التراكيز المستخدمة في التجارب التي قام بها. وأوضح (القدور وأخرون، 2011) أن النسبة المئوية لكمية الكادميوم المدمصة من المحلول تزداد بشدة مع زيادة الزمن حتى الدقيقة 10في جميع المواد المستخدمة وفي جميع درجات الـ pH المدروسة ومهما كان تركيز المحلول الأولي.

2-4- ظاهرة التراكم في الفلزات الثقيلة:

تمتاز بعض النباتات بظاهرة يكون فيها تركيز العنصر في داخل النبات أعلى من تركيزه في الوسط الذي ينمو فيه النبات وهي ما يطلق عليها ظاهرة التراكم accumulation. يشمل هذا الميل الطبيعي مراكمة عناصر ثقيلة (فلزات وأشباه فلزات) ولا تظهر أعراض السمية على بعض النباتات .وتعد أيونات الفلزات وأشباه الفلزات مجموعة من الملوثات البيئية غير القابلة للتغير والناجمة عن النشاط البشري صناعياً كالتعدين وصهر المعادن وعوادم آلات الاحتراق الداخلي، وإنتاج البترول والأصباغ ومخلفاتها والتطبيقات الزراعية (مخصبات ومبيدات) والصرف الصحي والتخلص من النفايات وغيرها. ومن التقديرات المتحفظ عليها أن هذه النشاطات تقذف إلى الأرض من هذه العناصر ما يقارب 40 مليون طن سنوياً (Alkorta et al., 2004; Tiller,1989).

تشمل هذه الفلزات وأشباه الفلزات عدداً من العناصر، منها ما هو معروف دورها الفزيولوجي في النبات مثل النحاس Cu والكوبالت Co (ليس للنبات بل للعقد الجذرية) والحديد Fe والموليبدينوم Mo والنيكل Ni والزنك Zn. ومنها من لم يعرف له وظيفة فزيولوجية مثل الكادميوم Cd والرصاص Pb والسيلينيوم Se والألومنيوم Al والزئبق Hg والكروم Cr والزرنيخ As وغيرها. وبالفعل يمكن القول بأن التلوث بهذه الفلزات الثقيلة يعد من أعظم المشاكل في الوقت الراهن بالنسبة للترب ومصادر المياه (Alkorta, et. al., 2004). وفيما يلي نبذة عن دور العناصر الضرورية وغير الضرورية لحياة النباتات.

2-4-1- العناصر الضرورية

النحاس Cu:

يعد النحاس من العناصر الضرورية الصغرى لنمو النبات، أي يحتاج إليه النبات بكميات قليلة، والتركيز الحدي لمعظم نباتات المحاصيل أكبر من 30 – 20 مغ/كغ وزن جاف (Robson and Reuter, 1981) لكنه يعد أيضا سام جداً في التراكيز العالية وأعراض السمية متشابهة مع سمية عناصر ثقيلة أخرى (الألومنيوم، على سبيل المثال) وهي التأثير في نمو الجذور وشكلها. ونتيجة للنشاط البشري كالتعدين واستخدام النحاس في مخصبات التربة ومبيدات الآفات خاصة الفطرية واستخدام بقايا الصرف الصحي أصبحت مناطق عديدة ملوثة بعنصر النحاس ومع ذلك تنمو بعض النباتات المراكمة لهذا العنصر. ومن النباتات المضافة حديثاً لقائمة النباتات المراكمة لعنصر النحاس نبات *Elsholtzia*

splendens حيث ينمو في تربة يصل تركيز النحاس بها أكبر من 3000 مغ/كغ (Tang, et al., 1999) مما يوحي بوجود آلية دفاعية لتفادي سمية النحاس.

الحديد Fe :

يعد عنصر الحديد من أكثر العناصر توافراً في القشرة الأرضية لكنه يوجد في الغالب في التربة على هيئة الحديد الثلاثي Fe^{3+} حيث يميل في الوسط المائي والأكسجين إلى تكوين هيدروكسيد الحديديك عديم الذوبان أو يكون بصورة فوسفات الحديديك أو حراً بصورة أيون الحديديك. من ناحية ثانية يتميز الحديد بخاصية فريدة في كونه يتيسر للنباتات إما باختزاله إلى الحديد الثنائي Fe^{2+} وإما بالتخليب مع الحوامل الحديدية phytosiderophores المفرزة بواسطة النبات (Marschner, 1995; Wintz, et al., 2002).

الموليبدينوم Mo :

يوجد الموليبدينوم في محلول التربة على هيئة موليبدات MoO4 وهي أعلى حالة تأكسد لهذا العنصر، لكنه قد يوجد بالحالة الرباعية والخماسية. تحتاج النباتات الراقية إلى كميات ضئيلة من الموليبدينوم لدخوله في تركيب عدد قليل من الإنزيمات ونشاطها (Marschner, 1995). ترتبط زيادة محتوى نباتات الأعلاف من الموليبدينوم بسمية الحيوانات والمسماة بمرض الموليبدينوم "الموليبدوسيز molybdenosis" وهي تحدث نتيجة لنقص النحاس في الغذاء (Miller et. al., 1991).

النيكل Ni:

يكون التلوث بعنصر النيكل في كثير من الأحيان محدوداً في مناطق تعدين النيكل، ولكن المخلفات المختلفة التي تصل إلى التربة يكون فيها تركيز النيكل عالي جداً. وهناك أنواع طبيعية من الترب تتميز بوجود تراكيزعالية من النيكل تنمو بها نباتات تتحمل أيون النيكل وهي تعد مصدر غالبية النباتات المراكمة للنيكل (Lupankwa, et.al.,2004) . غالبية النباتات المراكمة في كاسيات البذور هي مراكمات لعنصر النيكل وتشكل أكثر من 317 نوعاً (نحو 80%) وموزعة جغرافيا في مناطق عديد من العالم . وتصنف هذه النباتات المراكمة للنيكل في أجناس وفصائل مختلفة (Baker,*et al.*, 2000). ويعد الجنسين *Thlaspi* و *Alyssum* من الفصيلة الكرنبية Brassicaceae من أكبر الأجناس من حيث عدد الأنواع . توجد أنواع أخرى مميزة بالتراكم العالي للنيكل في جنس *Phyllanthus*من الفصيلة Euphorbiaceae وجنس *Homalium* من الفصيلة Flacourtiaceae وجنس *Geissois* من الفصيلة Cunoniaceae وجنس *Hybanthus* من الفصيلة البنفسجية Violaceae (Baker and Brooks, 1989; Reeves, 1992).

الزنك Zn :

تنشأ التراكيز العالية من أيون الزنك المتيسر للنبات في محلول التربة من عدة مصادر من أهمها الترسيب من الهواء المحيط بمصانع صهر المعادن أو استخدام مياه ملوثة نتيجة لمرور المياه بترسيبات من خامات الزنك أو مصروفة بعد استخدامها في المصانع أو مياه الصرف الصحي بالإضافة

إلى المخصبات الإضافية والمبيدات وغيرها (Alloway, 1990) . تضم القائمة الأولية للنباتات المراكمة للزنك نحو 15 نوعاً غالبيتها من الجنس Thlaspi 11 نوعاً وجنس العشبة الواعدة (Arabidopsis نوع واحد) وكلها من الفصيلة الكرنبية أما بقية الأنواع فمن فصائل أخرى (Baker and Brooks, 1989). أما بالنسبة لبعض الأشجار سريعة النمو والتي من الممكن أن تساهم في امتصاص الفلزات الثقيلة من المياه والتربة، فقد درست إمكانية استخدام الحور poplar ومنها الأنواع الآتية: *Populus deltoides×Populus* clone -214 *Nigra (Populus euramericana)* . وقد دلت الدراسة إمكانية ذلك بالنسبة للزنك وفي حدود 100− 1000 ميكرومول (Di Baccio, et al.,2003).

2-4-2- العناصر غير الضرورية:

الكوبالت Co:

يعد الكوبالت من العناصر الضرورية للحيوانات المجترة والأحياء الدقيقة المتكافلة مع النباتات المعروفة بتكوين العقد الجذرية (Marschner, 1995) . لقد لوحظ أن الكوبالت ينشط نمو الاستطالة في أنسجة النبات المفصولة بحيث يثبط تكوين الإيثيلين فيها ، وهو تأثير قد يكون مسؤولاً عن بقاء الزهور المقطوعة (باقة الزهور) حية لفترة أطول نتيجة لوجود الكوبالت (Venkatarayappa, et.al. 1980).

تختلف أنواع نباتات المحاصيل والمراعي في التحمل وزيادة محتوى المجموع الخضري من الكوبالت حسب النمط الوراثي (Marschner, 1995) ، ولكن قد يصل تركيز الكوبالت في بعض النباتات المراكمة له والنامية في بعض الترب المعدنية من 4000 − 10000 إلى مغ/كغ وزن جاف (Brooks and Malaisse,1989).

ورد في قائمة النباتات المراكمة للعناصر أن الكوبالت يتراكم في نحو 26 نباتاً (Baker and Brooks, 1989) ومنها النبات *Aeollanthus subacaulis var. ericoides* الذي وصل حد التراكم به إلى 1429 ميكروغرام/غ وزن جاف (Malaisse, et.al., 1999).

الكادميوم Cd :

يوجد الكادميوم في الترب العادية بتركيز ضئيل (0.5 جزء في المليون أو أقل)، لكن في الترب الرسوبية قد يصل تركيزه إلى نحو (25 جزء في المليون). ومن مصادر التلوث بالكادميوم بعض خامات الفوسفور (الصخر الفوسفاتي) والمغذيات الصغرى (Lepp, 1981)، وكذلك استخدام المخصبات التجارية (Satarug, et. al., 2003) .

يعد عنصر الكادميوم من العناصر السامة ومرتبط مع تعدين الزنك والعمليات الصناعية لمنع تآكل الآلات ومن ذلك ينتج الملوث الهوائي الخطر" غبار الكادميوم " . ويتراكم عنصر الكادميوم في عدد من النبات ومنها نبات العشبة الواعدة *Arabidopsis hallerii* وكذلك نبات *Thlaspicaerulescens* دون ظهور أعراض السمية (Lombi, et al. 2002b; Cosio and Keller, 2004) على التوالي. ولقد لوحظ الاختلاف الكبير في كمية الكادميوم المتراكمة حسب النمط البيئي (Lombi, et al. 2002b) كما هو موضح في الجدول (3).

جدول (3): يبين الاختلافات الكبيرة في تراكم الكادميوم (مع/كغ مادة جافة) في النباتات وفق النمط البيئي
(المصدر : (Lombi, et al. 2002b)).

النمط البيئي	الكادميوم ملغ/كغ وزن جاف
Puy de Wolf	2.300
Prayon	4.800
Ganges	10.000

يعد الكادميوم من المعادن الثقيلة شديدة السُمَية، ويعرف بأنه معدن مسرطن و تظهر أعراضه بعد عدة سنوات نتيجة تراكم كميات كبيرة منه في الجسم. وينتشر في الهواء أثناء إجراء عمليات التعدين والصناعة وحرق الفحم ومخلفات المنازل. ويرتبط الكادميوم مع حبيبات التربة ثم يذوب في الماء ويتراكم في النباتات والأسماك والحيوانات ويمكن العثور عليه بنسبة عالية في المحاريات والكبد والكلى واللحوم (حمدي وعبد الرزاق، 2005). ويعتبر الكادميوم من العناصر التي تتجمع حيوياً، وبصورة خاصة في الكلية والعظام والدم. تتراوح نسبة تواجده في التربة من (0.1 حتى 0.5) ملغ كادميوم /1كغ تربة وهو سريع الحركة ضمن التربة .

الزئبق Hg:

يساهم الاحتراق الداخلي للفحم في تراكم الزئبق في الترب العضوية وتشكل نحو 50%، بينما تشكل المصادر الأخرى كصناعة الكلورين والورق والتعدين (خاصة تكوين أملغم الذهب والزئبق) ومخلفاتها مصدراً رئيسياً في الترب المحيطة بمواقع الصناعة والتعدين (Gray, et. al., 2002). ويعد استخدام هذا الفلز في عمليات التبييض ومضادات الفطريات (Han, et. al., 2002) مصدراً آخر للتلوث.

يتحول الزئبق في التربة إلى ما يعرف باسم السينبار cinnabar وهو كبريتيد الزئبق HgS والذي يشكل مصدراً خطيراً للتلوث. من أكثر مركبات الزئبق سمية للنباتات أيون الزئبق Hg^{+2} والمركبات العضوية مثل ميثيل الزئبق Hg–methyl وخلات فينيل الزئبق phenyl mercuric acetate ولم يكتشف حتى بدايات القرن الحالي نبات مراكم للزئبق. لكن في دراسة نشرت في بداية القرن (Wang and Greger, 2004) مسحت تراكم الزئبق في الجنس Salix spp. أشارت نتائجها أن غالبية النباتات تراكم الزئبق في الجذور مع نسبة ضئيلة تقدر بنحو (% 0.065 – 0.45) تصل إلى المجموع الخضري.

ويعد الزئبق من أكثر المعادن الثقيلة سُمَية، وهو من السموم المؤثرة في المخ والعصب الشوكي، ومعظم الناس معرضين للتلوث بالزئبق من مصادر مختلفة منها حشوات الأسنان و مياه الشرب ومياه الصرف الزراعي المختلطة بمخلفات المصانع والتغذية على الأسماك البحرية (التونا). ويسبب الزئبق مرض يسمى "ميناماتا"، نسبة إلى نهر ميناماتا في اليابان، الذي تلوث إلى حد كبير بمخلفات صناعة

البلاستيك، وأهم أعراضه هي الاضطراب العصبي وفقدان الذاكرة والثقة بالنفس بسبب تراكم كميات كبيرة من الزئبق في الجسم والمخ. وقد تصل خطورة الزئبق إلى اختراق الأنسجة الواقية للجنين في بطن الأم والوصول إلى الجنين، وإحداث تلف في المخ قد يؤدي إلى الوفاة (Neustadt and Pieczenik, 2007).

الكروم Cr:

يوجد الكروم في الطبيعة بحالة الأكسدة الثلاثية Cr^{+3} الكرومات chromate والحالة السداسية Cr^{+6} (الدايكرومات dichromate)، وهو عنصر غير ضروري للنباتات حتى الآن، ولكنه ضروري للحيوانات على شكل Cr^{+3}، وإذا توافر بتركيز عالي فإنه سام للكائنات الحية ومنها الإنسان، خاصة في حالتي الأكسدة السداسية Cr^{+6} والرباعية Cr^{+4} وأكثر حالات الكروم التأكسدية خطورة هي الكروم السداسي. ويدخل عنصر الكروم في صناعة الفولاذ وتعد حالتي التأكسد الرباعية والسداسية من النواتج الثانوية لهذه الصناعة ومنها ينشأ تلوث التربة والمياه الجوفية كما حدث في مناطق عديدة ، منها على سبيل المثال ، ما حول مدينة جلاسكو في أسكوتلندا ومناطق من ولايتي كاليفورنيا وتينيسي في الولايات المتحدة (Peer, et. al. 2003a) و (Wong, et al., 2001) . وقد دلت بعض الدراسات أنه من النباتات التي يمكن أن تمتص الكروم الرباعي Cr^{+4} أشجار Betula و Salix ولكن نبات Salsola kali يراكم الكروم السداسي Cr^{+6}. كما ذكر في أحد البحوث المنشورة (Gardea-Torresdey, et al., 2005).

الزرنيخ (شبه فلز) As:

يوجد الزرنيخ بكميات ضئيلة في التربة، لكن كميته في بعض الترب الزراعية ومواقع أخرى (خاصة قرب بعض المصانع) أصبحت عالية نتيجة لاستخدام زرنيخات العناصر كمبيدات فطرية وحشرية وحمض الزرنيخ كمبيد عشبي في نباتات المحاصيل وملاعب الجولف وأشجار الفواكه (Lepp, 1981). يضيف استخدام فضلات الطيور كمخصب قدراً من الزرنيخ للتربة كما أنه لا زال يستخدم مركب يدخل في تركيبه الزرنيخ وهو مركب Roxarsone وهو عبارة عن مركب يتكون من nitro hydroxyphenylarsonic acid ويستخدم كمضاد حيوي ومنشط للنمو السريع خاصة في صناعة الدواجن (Garbarino, et. al 2003).

يقدر أن عدد البشر المتأثرين بسمية الزرنيخ نتيجة لوصول هذا العنصر إلى مياه الشرب في الهند وبنغلاديشيقدر بنحو 400 مليون نسمة (Chakraborti, et. al. 2003). وقد ذكر (Ma, et al., 2001) أن هناك نوع من السراخس وهو Pteris vitatta يراكم نحو 14500جزء في المليون من الزرنيخ في أوراقه دون ظهور أعراض سمية.

الرصاص Pb:

يتراكم الرصاص على سطح التربة بسهولة ومصدر التلوث بهذا العنصر السام الجازولين والبطاريات والدهانات القديمة ومبيدات الآفات وغيرها (Lepp, 1981). هناك مواقع معينة تشكل مصدر خطورة للبيئة والكائنات الحية مثل المواقع القريبة من مصانع البطاريات القديمة حيث قدر ما نفثته أحد المصانع

بنحو 500 طن من مركبات الرصاص خلال 30 عاما وهذه الكمية من الرصاص مثواها الأخير التربة وفق ما ذكر كلاً من (Tom and Miles, 1935).

هناك العديد من النباتات التي يتراكم الرصاص الذائب في محلول التربة بداخلها ومنها ما نشر عن قدرة نبات Sesbania drummondii وأنواع أخرى من جنس Brassica على مراكمة الرصاص بكميات معنوية في جذورها (Wong, et. al. 2001; Sahi, et. al. 2002).

يضاف إلى ذلك ما ذكر أن نبات مقابر الإنسان الرمادي Avicennia marina (Forsk.) Vierh يراكم الرصاص بالإضافة إلى النحاس والزنك (MacFarlane and Burchett, 2002). يضاف إلى النباتات المراكمة للرصاص النبات النجيلي Piptathertan miliacetall حيث يتناسب التراكم طردياً مع التركيز في الوسط دون ظهور أعراض سمية عليه (Garcia, et. al., 2004).

2-5- حركية وانتقال الفلزات الثقيلة في الترب:

تزايد الاهتمام حديثًا بالآثار السلبية الناتجة عن نشاطات الإنسان المكثفة في الصناعة والزراعة وتراكم الفلزات الثقيلة Heavy metals مثل النيكل، والرصاص، والكروم، والزرنيخ، والزئبق في التربة وإمكانية انتقالها إلى مصادر المياه الجوفية، وخصوصاً في المناطق الريفية ذات المستوى المائي القريب من السطح والتي تعتمد على تلك المصادر لمياه الشرب (Shao et al., 1998; Naidu et al., 1996; Tiller, 1989)ونتيجة لزيادة الوعي البيئي خلال السنوات الماضية، وظهور بعض الحوادث لتلوث المياه الجوفية في بعض المناطق مثل الرصاص، والنيكل، والكروم..الخ. وتركزت الأبحاث والتجارب على حركة الفلزات الثقيلة في التربة لمحاولة فهم آليات حركة تلك الملوثات ونقلها.

في الواقع يحدث انتقال المواد الذائبة في التربة نتيجة لمجموع ثلاث آليات (Warric, 2002,) وهي: الانتقال بالحمل Convection Transport الذي يحدث في الطور السائل (محلول التربة)، والانتشار الذي يحدث في الطور الغازي وفي الطور السائل (هواء التربة + محلول التربة)، والألية الثالثة هي التفريق الهيدروديناميكي الذي يحدث في الطور السائل (محلول التربة). وتوصف هذه الآليات بالمعادلةالآتية:

$$J_s = J_d + J_c + J_h$$

حيث إن:

J_s = الجريان الكلي.

J_d = الجريان بالانتشار في الطور الغازي والسائل.

J_c = الجريان الكتلي في الطور السائل.

J_h = التفريق الهيدروديناميكي في الطور السائل.

يخضع انتقال الملوثات في التربة لتفاعلات مختلفة داخل جسم التربة، ومن تلك التفاعلات عملية الادمصاص التي تحدث أثناء حركة الملوثات داخل القطاع الترابي. وقد قامت أبحاث عديدة بدراسة تأثير خواص التربة على سلوك الملوثات بما ينعكس على حركتها باستخدام معادلة الحركة (Selim et al., 1992; de Matos et al.,2001). وتحدث عملية الادمصاص على سطوح حبيبات

التربة من خلال حركة الملوثات مع محلول التربة، حيث إنه كلما زادت قيمة معامل التوزيع زادت قيمة معامل الإعاقة الذي هو أحد ثوابت معادلة الحركة (de Matos et al.,2001).

يعتمد انتقال الملوثات الكيميائية على حركتها في التربة، فالعناصر الكيمائية السريعة الحركة – مثل النترات –تتحرك مع حركة الماء (Al-Darby and Abdel-Nasser, 2006). أما انتقال الفلزات الثقيلة في التربة فيعتمد إلى حد كبير على الخواص البيوجيوكيميائية والفيزيائية للتربة . فالعناصر تصبح أقل حركة في الترب التي تحتوي على كميات كبيرة من مواقع الادمصاص النشطة، وكذلك في الترب التي تكون خصائصها الكيميائية مثل ارتفاع الرقم الهيدروجيني pH تشجع على ترسيب هذه العناصر. كذلك يؤثر جهد الأكسدة والاختزال بدرجة كبيرة على حركة العناصر. كما يتوقف معدل انتقال الملوثات على خواص التربة الفيزيائية، وبالتحديد التوزيع الحجمي للحبيبات، والكثافة الظاهرية، لإن كلاً من هاتين الخاصيتين تؤثران على حركة الماء والهواء خلال مسام التربة، وذلك عن طريق التأثير على المسامية الكلية، والتوصيل الهيدروليكي للتربة (الخطيب،2004).

تعتمد حركة الملوثات في التربة على تركيزها في محلول التربة، ففي المنطقة السطحية، وأثناء عملية الحراثة، يتم الخلط الفيزيائي للتربة بتفكيك الطبقة السطحية لتجهيزها للزراعة، وذلك قد يؤدي إلى زيادة تركيز الفلزات الثقيلة في منطقة الإضافة (Navarro-Pedreno et al., 2003). وهذه الحقيقة تكون صحيحة في قطاع التربة أثناء الحراثة التقليدية، ولكن في حالة الترب التي بدون حراثة يمكن للكيماويات المدمصة على حبيبات التربة الأقل من 0.01 مم أن تتحرك بين حبيبات التربة خلال المسام المفضلة في التربة . وتعد المسام المفضلة لحركة الماء والذائبات في المنطقة غير المشبعة بمثابة تأثير هيدرولوجي للمسام الكبيرة، والمسام البيولوجية الناتجة عن الديدان، وتجاويف الجذور المتحللة، والمسام بين تجمعات التربة والشقوق (Andreini and Steenhuis, 1990; Czarnes et al., 2000).

يعطي التركيز الكلي للعناصر الثقيلة في التربة معلومات غير كافية حول حركتها ومدى تيسرها. حيث يحكم ذلك صور تلك العناصر الكيميائية والفيزيائية. وقد أوضح (Ahnstrom and Parker, 1999) إن التعرف على نوع ارتباط الفلزات الثقيلة في التربة ونسبتها من حيث سهولة الارتباط أوقوته يساعد في الحكم على مدى خطورة تلك العناصر من حيث السمية وحركتها في التربة. وإن الأشكال والصور الجيوكيميائية للعناصر الثقيلة في التربة تؤثر في إمكانية تحرر هذه العناصر، الأمر الذي يؤثر مباشرة على حركتها وانتقالها، ومن ثم خطر تلوث المياه الجوفية والوجود البيولوجي. ولقد بينُ (Lothenbach et al., 1997) أن الأشكال والصور التي يمكن تحللها من الفلزات الثقيلة تعتمد بدرجة كبيرة على المساهمة النسبية للعناصر المكونة للتربة الصلبة (السليكات، الكربونات، الأوكسيدات، المواد العضوية....إلخ) في عملية الاحتفاظ بالفلزات الثقيلة، نظراً للحقيقة التي تقول: أن نوعية القدرة الادمصاصية ودرجتها لهذه الجزيئات المكونة للتربة تتباين إلى حدّ بعيد. وقد استخدمت في السابق بعض العناصر مثل السليكات، والحديد، وهيدروكسيدات الألمنيوم لإزالة الفلزات الثقيلة من المخلفات المائية الصناعية، وللحد من انتقال الفلزات الثقيلة في التربة الملوثة.

يشكل انتقال الفلزات الثقيلة من رواسب مياه الصرف الصحي إلى التربة، ومن ثم إلى المياه الجوفية والنباتات خطورة بيئية. والفلزات الثقيلة الثقيلة غالبًا ما تكون موجودة بشكل دائم في التربة، وقد تصل فترة بقائها فيها إلى آلاف السنين (Alloway, 1990). ويمكن أن تتم عملية الاحتفاظ بالفلزات الثقيلة التي تكون مع رواسب مياه الصرف في داخل التربة نتيجة امتصاصها، أو بسبب تكوين الأملاح غير الذائبة، أو لوجود جزيئات رواسب مياه الصرف (Alloway and Jackson, 1991). علاوةً على ذلك، فإن وجود كربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) بكميات عالية كما هو الحال في الترب الجيرية، يزيد من إمكانية الاحتفاظ بالفلزات الثقيلة في داخل التربة ومن ثم يتوقع في أنواع التربة القاعدية أن يكون مستوى بقاء الفلزات الثقيلة بها عموماً عالياً جداً (Raikhy and Takkar, 1983).

أجريت العديد من الدراسات على أنواع من الترب الحامضية في غسيل الفلزات الثقيلة على أعمدة من التربة من خلال رواسب مياه الصرف. وقد أوضحت الدراسات خطورة انتقال الفلزات الثقيلة إلى التربة، ومنها إلى المياه الجوفية، وبالمقابل أوضحت بعض الدراسات (Dowdy et al., 1991; Cambreco et al., 1996) أن عملية انتقال الفلزات الثقيلة ليست ذات أهمية كبيرة . وتبين من دراسات أخرى أن كميات كبيرة ومعتبرة من الزنك والكروم والنحاس والكادميوم وغيرها من العناصر العناصر قد تم غسلها بسهولة (Frenkel et al., 1997; Parakash et al., 1997; Karathanasis et al., 2005) ، ومن ذلك يتضح أنه يمكن أن يكون لخصائص التربة مثل الرقم الهيدروجيني والمحتوى من المادة العضوية تأثير كبير على عملية انتقال الفلزات الثقيلة. وقد ذكر (McBride, 1999) إن إضافة المواد العضوية تؤثر أيضاً في انتقال الفلزات الثقيلة، فعلى سبيل المثال، يمكن تعزيز عملية الانتقال هذه عن طريق زيادة المواد العضوية الذائبة والنحاس Cu لا سيما في التربة الرملية العالية الرقم الهيدروجيني.

إن حركة الفلزات الثقيلة في التربة يمكن أن تحدث في التربة الرملية الحامضية وذات الحمولة العضوية المنخفضة إذا تعرضت لسقوط أمطار غزيرة أو للري بكثافة شديدة . وعلى الرغم من أن هناك الكثير من الدراسات التي أجريت حول الحركة العمودية للعناصر الثقيلة وغسيل هذه العناصر في التربة (Sockart et al., 1983; Maskall et al., 1995; Sawhney et al., 1995; Kabala and Singh, 2001) فإنه لا تزال المعلومات المتوفرة حول فاقد الفلزات الثقيلة في التربة الزراعية محدودة جدًا. ولا شك أن هناك حيرة كبيرة تجاه المصير الطويل الأجل للعناصر الثقيلة التي تحتويها رواسب مياه الصرف الصحي . وأحد هذه السيناريوهات المطروحة هو ثبات الكميات الموجودة من تلك الفلزات الثقيلة والمتاحة للنباتات في التربة أو حتى تقليلها (Smith, 1997; Brown et al, 1998). أما الاحتمال الآخر فهو زيادة الوجود البيولوجي واستخدام عمليات الغسيل من خلال تعدين المواد العضوية الموجودة في رواسب مياه الصرف الصحي (Zhao et al., 1997). وكانت الدراسات الميدانية في هذا الصدد (Chang et al., 1997; Logan et al., 1997) قد توصلت إلى نتائج غير واضحة حول مصير الفلزات الثقيلة في الترب التي تروى بمياه الصرف الصحي، وأدى ذلك إلى نتائج وأحكام متناقضة (Chaney and Ryan, 1993; McBride, 1995; McGrath et al., 2000). وقد

تباينت النتائج بحسب نوع النبات، وخصائص التربة، ونسبة تحميل الفلزات الثقيلة. ولا تزال المعلومات المتوفرة حول غسيل الفلزات الثقيلة من التربة المعالجة برواسب مياه الصرف الصحي (الحمأة) ووصولها إلى المياه الجوفية ضئيلة جداً (Richards et al., 1998). أما في التربة الملوثة، فقد كانت هناك ندرة في المحاولات التي سعت للتعرف على حركة جزيئات الفلزات الثقيلة رغم أن هذه الجزيئات قد تساهم في انتقال المواد الملوّثة العضوية وغير العضوية من خلال التربة (Thompson and Scharf, 1994; Dunnivant et al., 1992; Gasser et al., 1994; Keller and Marrocordatos, 1997) . وقد ناقش (Lambert et al. 1992) الطرائق المختلفة التي تجعل العناصر غير قادرة على الحركة في التربة. وهناك عدة عوامل تؤثر على حركة الأملاح في التربة منها: رطوبة التربة الابتدائية، ووقت إضافة الكيماويات، وكمية المياه المضافة سواءً عن طريق المطر أو الري، وطريقة إضافة الأملاح، والشكل الكيميائي، وطبيعة العنصر، والتركيب الكيميائي والمعدني للتربة، والخواص الفيزيائية والبيولوجية للتربة، وطريقة الري المستخدمة.

ترجع أهمية دراسات حركة العناصر خلال قطاع التربة إلى تأثيراتها البيئية، وأهمها تلوث الماء الجوفي. وقد ذكر (Awofolu, 2006) في دراسة لتقييم جودة مياه الآبار المخصصة للشرب في منطقة سكنية بالقرب من منطقة صناعية حول مدينة لاجوس بنيجيريا –أن انتقال ووجود الفلزات الثقيلة في المياه الجوفية، وبالذات الكادميوم، والرصاص فاقت بمستويات الحدود المسموح بها من منظمة الصحة العالمية (WHO)، ومنظمة حماية البيئة الأمريكية (USEPA). وعلى هذا تعتبر الدراسات باستخدام الليسيميترات أو أعمدة التربة وسيلة جيدة لتنفيذ تجارب يمكن التحكم فيها تحت الظروف الحقلية والمعملية (Bergstrom, 1990; Bergstrom and Johansson, 1991).

توجد الفلزات الثقيلة في التربة في صور عديدة مرتبطة مع مكونات التربة المختلفة، وتوجد أغلب الفلزات الثقيلة في الصورة الصلبة وكمية قليلة جدًا في محلول التربة، وذلك بسبب انخفاض الذوبانية. ولذلك فإن حركة الفلزات الثقيلة في التربة تعتبر قليلة.

وجدير بالذكر في هذا السياق أن انتقال الفلزات الثقيلة من منطقة إضافتها إلى باقي التربة يتم بالانتشار والانتقال الكتلي مع تقدم جبهة الماء. حيث يحدث الانتشار على مدى مسافة صغيرة (المدى القصير)، ويلعب دور هام في امتصاص العناصر بواسطة النبات (Barber, 1974) ولهذا فان الانتقال الكتلي يعتبر لحد ما الوسيلة الأساسية لانتقال الفلزات الثقيلة لمسافات كبيرة (على المدى البعيد) داخل التربة، خاصة في الترب خشنة القوام.

حول انتقال وحركية الفلزات الثقيلة في التربة ذكر (Corey et al., 1981) أن انتقال الفلزات الثقيلة مع المحلول الأرضي في منظومة التربة يتطلب أن يكون العنصر في الصورة الذائبة أو مرتبط مع جسيمات متحركة (مثل غرويات التربة)، مع الاشارة إلى أن العديد من الخواص الكيميائية للتربة مثل الرقم الهيدروجيني pH التربة ومواقع الادمصاص والقوة الأيونية والمركبات التي تكون معقدات ذائبة تؤثر على تركيز العناصر في محلول التربة.

درس عديد من الباحثين انتقال الفلزات الثقيلة في أعمدة التربة تحت الظروف المخبرية المتحكم فيها. ففي دراسة تم فيها خلط الطبقة السطحية للتربة مع الحمأة التي تحتوي على عناصر Zn, Cu, Cr, Cd بتراكيز مختلفة، وكان توزيع العناصر متشابهاً ماعدا الكروم. وفي دراسة أخرى قام بها (Emmerich et al., 1982) حيث أضافوا الحمأة إلى سطح التربة وقاموا بغسيل الأعمدة بالماء لمدة 25شهراً، وأوضحت النتائج أن حركة الفلزات الثقيلة في أعمدة التربة لم تكن ملحوظة.

في دراسة قاما بها (Camur and Yazicigil, 2005) كان هدفها دراسة ادمصاص وانتشار الفلزات الثقيلة في الترب الطينية، ووجدا أن حركة الفلزات الثقيلة تتركز في الطبقة العليا من عمود التربة 2 سم وتقل مع العمق.

2-6- المعايير المستخدمة لتقييم نوعية مياه الصرف الصحي:

من أجل تقييم نوعية المياه Water quality تجري عليها اختبارات كيميائية وفيزيائية وحيوية، وتهدف هذه الاختبارات إلى تحديد صلاحية المياه، وفيما يلي وصف لأهم الاختبارات الفيزيائية التي يجب القيام بها لتحديد مدى صلاحية استخدام المياه لأغراض الري الزراعي:

1 - اللون Clolr:

يختلف لون مياه الصرف الناتجة عن المخابر والمشافي تبعاً لنوع المواد الكيميائية المستخدمة. ولا يمكن لطرائق المعالجة البيولوجية إزالة اللون ولكن يمكن لبعض وحدات المعالجة الثانوية مثل الحمأة المنشطة المتبوعة بالترشيح الرملي إزالة نسبة معينة لبعض أنواع المواد الملونة، وفي بعض الأحيان تحتاج إزالة المواد الملونة إلى عمليات الأكسدة الكيميائية. وبشكل عام المياه غير الملوثة لا لون لها (عباس وضرير، 1992)، وتكسب المياه الحاوية على أملاح الكالسيوم والمغنزيوم لوناً مائلاً للزرقة، بينما يؤدي انحلال أكاسيد الحديد وغاز كبريت الهدروجين الى اكتساب المياه ألواناً مخضرة مائلة للزرقة، ويميز اللون المصفر مياه المستنقعات الحاوية على مواد عضوية والمياه الحاوية على المنغنيز تكون ذات لون أسود (جعارة وحجاز،1991).

2- العكارة Turbidity:

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كمؤشر لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الغروية العالقة ، وتقدر العكارة بواحدة الميليغرام/لتر. وتعد نقاوة المياه المستخدمة في الري الزراعي من اهم الشروط الواجب توفرها في المياه. ولتامين مياه نقية لأغراض الري تعالج المياه الحاوية على دقائق معلقة باستخدام الترسيب والترشيح في محطات التصفية. وبشكل عام تنتج العكارة في المياه السطحية أو غير السطحية من المواد المنحلة أو من المواد العضوية واللاعضوية الشبه غروية مثل (الطين، اكاسيد الحديد والالمنيوم المائية، الطحالب والاشنيات والجراثيم). أما في المياه الجوفية فتنتج العكارة من وجود مواد لاعضوية غير منحلة. وحسب المقاييس العالمية يجب ان لا تتجاوز المواد المسببة للعكر كمية 1.5 ملغ/ليتر (عباس وضرير،1992).

3- المواد الصلبة المنحلة الكلية Total Dissoloved Solids:

تعرف المواد الصلبة المنحلة الكلية بالرمز TDS والمواد الصلبة قسم منها قابل للترسيب الطبيعي، وقسم آخر غير قابل للترسيب. والمواد الصلبة القابلة للترسيب هي المواد التي تترسب في قاع إناء على شكل قمع مخروطي (يسمى قمع امهوف) خلال زمن قدره 60 دقيقة. وتعد المواد الصلبة القابلة للترسيب المقاسة بالمللتر/لتر مقياساً تقريبياً لكمية الحمأة التي سوف تنفصل بالترسيب الابتدائي.

تعرف المواد الصلبة الكلية عملياً في مياه الصرف على أنها كل المواد التي تتبقى بعد التبخير عند درجة حرارة من 103 إلى 105 °م وبعد ثبات الوزن. ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية أو المتبقية بعد التبخير أيضاً إلى مواد منحلة يمكن ترشيحها أو مواد عالقة لا يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال فلتر (ورق ترشيح). ويحتوى الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة على مواد غروية ومواد صلبة منحلة. ويحتوى جزء المواد الغروية على جزيئات بحجم من 0.001 إلى 1 ميكرومتر. أما المواد الصلبة المنحلة فتحتوى على جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وأيونات منحلة في الماء. وبشكل عام لا يمكن فصل المواد الغروية بالترسيب، لذلك يجب استعمال إما الأكسدة البيولوجية أو التخثير، التي يتبعها مرحلة الترسيب لترويق المياه. ويمكن تقسيم المواد الصلبة تقسيماً آخر طبقاً لدرجة تطايرها عند درجة 550°م حيث يتأكسد الجزء العضوي عند هذه الدرجة ويتحول إلى غاز بينما يبقى الجزء غير العضوى كرماد. وتبلغ قيمة المواد الصلبة المنحلة (TDS) المسموح بها في مياه الشرب اقل من 200 ملغ/ل والحد الأقصى المسموح به يجب الا يتجاوز قيمة 500 ملغ /ل (رستم،1989 ; مراد اغا، 1996).

4- المواد الصلبة المعلقة Total Suspended Solids – TSS:

تحوي غالبية المياه (المياه الطبيعية ومياه الصرف) مواد معلقة بتركيز اقل من 200 ملغ/ليتر، وفي بعض الأنهار الاستوائية يكون تركيز المواد بحدود 200 ملغ/ليتر، وذلك بسبب وجود اللحقيات والطمي. و تقدر واحدة المواد الصلبة المعلقة TSS بالـppm اوملغ/ليتر (mg/ℓ) وهي نفس واحدات العكارة (مراداغا،1996).

5- الناقلية الكهربائية EC:

تعرف الناقلية الكهربائية للماء بانها قيمة عددية تشير الى قابلية الماء على نقل التيار الكهربائي، وتعتمد هذه القيمة على تركيز وتكافؤ الأيونات المنحلة الموجودة في الماء، وعلى درجة حرارة الماء اثناء القياس لانها ذات تاثير مباشر على حركة واتجاه الأيونات المختلفة. وتزداد الناقلية للماء بنسبة 2% عند زيادة درجة حرارته درجة واحدة.

تستعمل الواحدة سيمنس Siemens في قياس الناقلية الكهربائية للماء حيث:

$$Siemens = 1/Ohm$$

وذلك باعتبار أن الناقلية الكهربائية تساوي مقلوب المقاومة الكهربائية التي تقدر بالأوم Ohm. ويمكن أن يستعمل واحدة التركيز في قياس الناقلية الكهربائية حيث يتم قياس تركيز الاملاح المنحلة في الماء بـ ملغ/ليتر كما يلي:

تركيز لأيونات المنحلة (EC) = الناقلية الكهربائية ميكروسيمنس/سم×(0.9 or 0.5)

وقيمة هذا المعامل تعتمد على نوع الأملاح المنحلة وعلى درجة حرارة العينة عند القياس. فيستعمل المعامل 0.9 للمياه المالحة، بينما ستعمل المعامل للمياه قليلة الملوحة 0.5. وفيما يلي بعض الامثلة عن قيم الناقلية الكهربائية لبعض أنواع المياه الموجودة في الطبيعة حسب (Faurie et al., 1998):

- تقدر قيمة الناقلية لماء البحر بالقيمة 35000 ميكروسيمنس/سم.
- تقدر قيمة الناقلية لماء مجرى كلسي من 400 الى 500 ميكروسيمنس/سم.
- تقدر قيمة الناقلية لماء بحيرة في الجبال 10 ميكروسيمنس/سم.
- تقدر قيمة الناقلية لماءالصرف من 3000 الى 7000 ميكروسيمنس/سم.

وحسب (بوداقجي وكمال،1999) تقدر الناقلية للماء المقطر بحوالي 0-2 ميكروسيمنس/سم، ولمياه الشرب بحوالي 200-800 ميكروسمنس/سم، و لمياه البحيرات حتى 1200 ميكروسيمنس/سم.

6 - مؤشرات التلوث العضوي:

6-1- الاكسجين المنحل (DO) Dissoloved Oxygen:

يعد تركيز الأكسجين المنحل بالماء دليل على حالة الماء فيمكن معرفة الكثير عن طبيعة المورد المائي من معرفة كمية الأكسجين المنحل فيه وتكمن اهمية الأكسجين المنحل في الماء كونه ضرورياً لاستمرار حياة الكائنات المائية وقيامها بالعمليات الحيوية. ويساعد وجود الأكسجين المنحل في الماء على تحلل الملوثات العضوية، وان انعدامه في الماء يؤدي الى حدوث تحلل لا هوائي للملوثات الموجودة داخل الماء، فينتج عن ذلك غازات ضارة كالميتان وغاز كبيريت الهدروجين. وتعتمد وفرة الأكسجين في الماء على تركيز الاملاح والمواد العضوية الموجودة في الماء، كما تعتمد اعتماداً كبيراً على درجة حرارة الماء. ولهذا يجب قياس درجة حرارة الماء عادة عند قياس الأكسجين المنحل فيه (ماريني ،2000). ويشير الجدول رقم (4) إلى العلاقة العكسية بين قيم الأكسجين ودرجة حرارة الماء في شروط الضغط الجوي النظامي وفق (Faurie et al.،1998).

الجدول (4): تاثير درجة الحرارة في قيم الأكسجين المنحل في الماء (Faurie et al.،1998).

قيم الأكسجين المذاب mg/ℓ	درجة حرارة الماء (°c)
14.7	0
12.8	5
11.4	10
10.2	15
9.0	20
8.4	25
7.7	30

يعد مؤشر كمية الاكسجين المنحل DO معياراً جيداً لتحديد نوعية المياه، وتحت الشروط النظامية (الضغط الجوي 1 بار ودرجة الحرارة 20 °م) تبلغ الذوبانية العظمى للاكسجين في الماء نحو

9 ملغ/ليتر. وحسب (رستم، 1989) يمكن أن تصنف المياه الملوثة وفق قيم الأكسجين المنحل DO إلى الصفوف المحددة في الجدول رقم (5).

الجدول (5): درجات تلوث مياه الصرف حسب قيم الأكسجين المنحل DO بحسب (رستم، 1989).

نوعية الماء Water quality	قيم الـ DO (ملغ/ل اوppm) عند الدرجة 20 °م
جيدة Good	9-8
قليلة التلوث Slightly polluted	8-6.7
معتدلة التلوث Moderately polluted	6.7-4.5
شديدة التلوث Heavily polluted	اقل من 4.5

وبحسب(Beaux،1998) تكون نوعية المياه ممتازة عندما تكون قيمة DO اكبر أو تساوي 7 ملغ/ل جيدة (من5 الى7ملغ/ل) ومقبولة (من3-5 ملغ/ل).

6-2- الكربون العضوي الكلي TOC:

ان تحديد كمية الكربون العضوي الكلي TOC(Total Organic Carbon) مقدراً بواحدة mg/ℓ يعطي فكرة عن كمية المواد العضوية الموجودة في المياه الملوثة، ولكنها لا تفي بالغرض مثل قيم الـ BOD او الـCOD. وتحدد قيم الكربون العضوي الكلي عادةً بحرق المركبات العضوية وتحويلها إلى غاز ثنائي اكسيد الكربون و الماء. بعد ذلك تحدد كمية الغاز المنطلق بعدة طرق مثل طريقة طيف الاشعة تحت الحمراء أو بطريقة المعايرة بالناقلية أو بطريقة الكروماتوغرافيا الغازية GC. ولكن قبل تحديد قيمة الـ TOC يجب إزالة الكربون اللاعضوي أو تحديد قيمته في العينة المدروسة ثم طرحه من قيمة الكربون العضوي الناتجة. تكون كمية المركبات اللاعضوية في أغلب المياه الطبيعية أكبر بكثير من كمية المركبات العضوية فمثلاً في مياه البحار تكون كمية المركبات اللاعضوية اكبر بـ 3000 مرة من كميات المركبات العضوية، أما في مياه الانهار و البحيرات فتكون أكبر بـ 10 مرات تقريبياً (بودقحي وكمال، 1999).

6-3- الاكسجين الحيوي المستهلك BOD:

يعرف هذا المعيار بالرمز BOD (Biochemical Oxygen demand) ويشير إلى كمية الأكسجين المقدرة بوحدة (ملغ أكسجين/لتر ماء) التي تستهلكها الأحياء الدقيقة (البكتريا)لأكسدة المواد العضوية الموجودة في عينة المياه ضمن شروط هوائية خلال فترة من الزمن يقدر بالأيام، ويجري هذا الاختبار في شروط قياسية عند درجة حرارة 20 درجة مئوية. وتقاس قيمة BOD عادة للمياه الملوثة بالمواد العضوية خلال 5 أيام ويرمز لها عند ذلك (BOD5)، حيث يتم عمل تخفيفات لمياه الصرف بماء مشبع بالأكسجين في زجاجات خاصة. ويتم وضع الزجاجات في حضانة لمدة خمسة أيام بدرجة حرارة 20°م (رستم ،1989، الحايك 1990). وتتناسب قيمة BOD5 طرداً مع كمية المواد العضوية

المنحلة في المياه الملوثة، وهكذا نجد كلما زادت قيمة BOD5 للعينات المائية دل ذلك على ازدياد درجة تلوثها بالمواد العضوية، فنجد انه نادراً ما تتجاوز 1 ملغO2/لتر بالنسبة للمياه الجوفية النقية، وتصل قيمتها حتى 5 ملغ/لتر بالنسبة للمياه السطحية اما بالنسبة للمياه الملوثة فتكون قيمتها اكثر من 5 ملغ/لتر (بوادقجي وكمال، 1999). وبحسب (اشتية وحمد ،1995) فانه لا ينبغي ان تزيد قيمة الـ BOD5 لمياه الشرب عن الصفر، في حين انها تتراوح لمياه الاتهار بين 1-8 ملغ/لتر، وللمياه العادمة بين 200 – 500 ملغ/لتر. وبحسب (Legier, 1995 : Beaux, 1998) تكون نوعية المياه ممتازة عندما تكون قيمة BOD اقل او تساوي 3 ملغ/لتر، وجيدة (3-5 ملغ/لتر) ومقبولة من (5-10 ملغ/لتر). وحسب (مراد اغا ،1996) يجب الا تتجاوز درجة التركيز للـ BOD5 عن 4 ملغ/لتر للبحيرات والأنهار.

6-4-الأكسجين الكيميائي المستهلك COD:

يعرف معيار الأكسجين الكيميائي المستهلك بالرمز COD (Chemical Oxygen Demand) وهو يشير إلى كمية الأكسجين اللازمة (المستهلكة) من أجل الأكسدة التامة للمركبات العضوية الى نواتج لاعضوية، تحت شروط محددة من الزمن ودرجة الحرارة، وتقدر بواحدة ملغرامات الأكسجينO2/ لتر ماء.

يفضل استخدام محلول عياري من ثنائي الكرومات (كعامل مؤكسد) مثل كرومات البوتاسيوم، وتحسب كميتها المستهلكة في التفاعل. و بالتالي كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة، وبذلك يعني الطلب الكيميائي للأكسجين، عندما تكون قيم COD في عينة ماء معينة اكبر من كميةBOD5 تكون هذه المياه الملوثة شرطاً غير ملائم لنمو الحياة والاستخدام البشري، و ان هذا الاختبار الذي يمكن انجازه خلال 3 ساعات تقريباً اكثر ملاءمة من اختبار BOD5 الذي يلزمه 5 ايام (المحمود، 1996 ; Faurie et al.,1998 ; بودقجي وكمال، 1999 ; الصالح و الشلاح، 2000).

7-2- المواصفة القياسية السورية (م .ق.س: 2008/2580):

أصدرت هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية التابعة لوزارة الصناعة في الجمهورية العربية السورية المواصفة الخاصة بالمعايير الفيزيائية والكيميائية والحيوية للمخلفات السائلة. وتحدد هذه المواصفة الاشتراطات والخواص التي يجب أن تتوفر في المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات المختلفة للفعاليات الاقتصادية وغير الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة بهدف الحفاظ عليه، والتشغيل الأمثل لمحطات معالجة مياه الصرف والحصول على نواتج آمنة بيئياً. ويبين الجدول رقم (6) الحدود المسموح بها لأهم المعايير، وتسري أحكام هذه المواصفة على النشاطات الآتية:

- الصناعات الكيميائية.
- الصناعات الغذائية والدوائية.
- الصناعات النسيجية.
- الخدمات الصحية.
- أي منشأة أو نشاط اقتصادي يصرف مياه ملوثة.

وبناءً على ذلك تعد المخابر والمراكز العلمية في جامعة حلب ضمن المنشأت التي تقوم بصرف مياه ملوثة إلى شبكة الصرف العامة دون معالجة. وفيما يلي بعض التعاريف التي جاءت في هذه المواصفة:

1- مياه الصرف العامة:

هي المياه المصروفة من التجمعات السكانية أو الصناعية أو أي منشأة أو نشاط اقتصادي، والمطروحة إلى شبكة الصرف العامة، وتصنف حسب مصدرها إلى مياه تحتوي على مخلفات منزلية، تجارية، صناعية، ومن منشآت اقتصادية.

2- مياه الصرف الصناعي Industrial Wastewater:

هي المياه التي تنتج عن نشاطات صناعية والتي تحتوي على المخلفات والملوثات الناتجة عن مختلف مراحل هذه النشاطات، سواء كانت معالجة أم غير معالجة.

3- شبكة الصرف العامة Public Sewer Network:

هي شبكة من خطوط القساطل والمجاري والتي يتم بواسطتها تجميع ونقل مياه الصرف العامة بشكل مشترك أو منفصل مع مياه الأمطار، والهدف من شبكة الصرف العامة هو تجميع ونقل مياه الصرف إلى محطات المعالجة أو نقطة الصرف النهائية.

4-المواد والمخلفات غير المسموح بإلقائها إلى شبكة الصرف العامة:

-ردم، رماد، زجاج، بحص، رمل، اسمنت، مونة إسمنتية، قمامة صلبة، تفل، طحل، خميرة، ألياف، قطع قماش، مواد صنعية، أخشاب، وغيرها.

-صمغ صنعي، دهان، سوائل، مطاطية أو كاوتشوكية، مستحلبات، سوائل قمامة..

-مخلفات زراعية، حيوانية، نباتية (روث، تبن، قش، بذور نباتية) وغيرها.

-مخلفات مسالخ (صوف، ريش، شعر، أحشاء، عظام، بقايا جلود) وغيرها.

الجدول رقم (6): الحدود المسموح بها في مياه الصرف الناتجة عن المنشآت والفعاليات والاقتصادية المختلفة التي تصرف مياه الصرف إلى شبكة الصرف العامة

اسم العنصر	الرمز	الحد الأقصى المسموح به	الوحدة
1- درجة الحرارة	T	35	سيليسيوس
2- الرقم الهيدروجيني	PH	9.5-6.5	-
3- المواد الصلبة القابلة للترسيب	S.S	10	مل/ل (بعد 30 دقيقة)
4- مجموع المواد العالقة	T.S.S	500	ملغ/ل
5- الكبريتيد	S	2	ملغ/ل
6- الكبريتات	SO_4	1000	ملغ/ل
7- الأمونيا/الأمونيوم	N-NH4 N-NH3	100	ملغ/ل
8- الفوسفات	PO4	20	ملغ/ل
9- الباريوم	Ba	3.0	ملغ/ل
10- البورون	B	1.0	ملغ/ل
11- الكادميوم	Cd	0.1	ملغ/ل
12- الكروم السداسي	Cr	0.1	ملغ/ل
13- الكروم الكلي	Cr	2.0	ملغ/ل
14- النحاس	Cu	1.0	ملغ/ل
15- الرصاص	Pb	1.0	ملغ/ل
16- الزئبق	Hg	0.01	ملغ/ل
17- النيكل	Ni	2.0	ملغ/ل
18- السيلينيوم	Se	1.0	ملغ/ل
19- الفضة	Ag	1.0	ملغ/ل
20- التوتياء	Zn	4.0	ملغ/ل
21- السيانيد	Cn	0.5	ملغ/ل
22- الزرنيخ	As	0.1	ملغ/ل
23- مركبات الفينول	-	2.0	ملغ/ل
24- الاحتياج الكيمياحيوي للأوكسجين	BOD	800	ملغ/ل
25- الاحتياج الكيميائي للأوكسجين	COD	1600	ملغ/ل
26- الأملاح الكلية المنحلة	T.D.S	2000	ملغ/ل
27- الكلوراید	Cl	600	ملغ/ل
28- الفلوراید	F	8.0	ملغ/ل
29- المبيدات	-	0.005	ملغ/ل
30- الزيوت والشحوم القابلة للتصبن والمواد الراتنجية	-	100	ملغ/ل
31- الزيوت والشحوم المعدنية	-	10	ملغ/ل
32- المنظفات	ABS	5	ملغ/ل
33- المركبات العضوية الهالوجينية	AOX	0.1	ملغ/ل

وزارة الصناعة -هيئة المواصفات والمقاييس السورية (م.ق.س: 2008/2580)

III- المواد وطرائق العمل - Materials & Methods

لتحقيق أهداف هذه الدراسة، والتي تتلخص بتسليط الضوء على نوعية مياه الصرف التي ترميها المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب في الشبكة العامة للصرف الصحي، ومطابقتها مع نوعية مياه الصرف التي تصل إلى مجاري الشبكة العامة للصرف في مدينة حلب،وبهدف وضع استراتيجيات خاصة لتبني فكرة استدامة مياه الصرف الصحي (كأحد الموارد المائية التي يمكن أن تستخدم لأغراض الري الزراعي). بالإضافة إلى التعرف على حركية وانتقال الرصاص (أحد الفلزات الثقيلة الذي يوجد بكميات عالية في مياه الصرف) في التربة. تم تقسيم خطة العمل إلى أربعة مراحل:

- **المرحلة لأولى:** تحديد المحاور لأساسية لتقييم مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب.
- **المرحلة الثانية:** تقييم مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب.
- **المرحلة الثالثة:** تقييم مياه الصرف الخاصة بمخبر الأبحاث في كلية الزراعة (دراسة حالة).

المرحلة الرابعة:دراسة حركية وانتقال فلز الرصاص في نوعين من الترب السورية.

أولاً- المرحلة الأولى: تحديد المحاور الأساسية:

تم تحديد أربع مراكز علمية تابعة لجامعة حلب وهي:

1- راكار العيادات السنية في كلية طب الاسنان.
2- راكار كلية العلوم.
3- راكار كلية الزراعة.
4- راكار المشفى الجامعي.

والشكل رقم (2) يبين مواقع أخذ العينات من الراكارات الممثلة للمراكز العلمية المدروسة في جامعة حلب من خلال الصورة الفضائية المأخوذة من قبل Googlearthلعام 2011.



الشكل رقم (2): مواقع أخذ العينات من الراكارات الرئيسية للمراكز العلمية المدروسة في جامعة حلب.

قطفت عينات من مياه الصرف التي تصل من المخابر والعيادات الموجودة في المراكز الأنفة الذكر، بشكل أسبوعي وعلى مدار ثلاثة أشهر خلال النصف الأول من عام 2011 ، وذلك من الراكارات الرئيسية للمراكز العلمية التي شملتها هذه الدراسة. بحيث تم تحديد أيام 1 – 8 – 15 – 22– 29 من كل شهر موعداً ثابتاً لأخذ العينات. وتم تحديد أشهر نيسان، أيار، حزيران موعداً لأخذ العينات، بحيث يكون فيها نشاط المخابر والعيادات متفاوت بين النشاط العالي (كما هو الحال في شهر نيسان) إلى النشاط المنخفض (في شهر حزيران حيث تتوقف معظم المخابر عن العمل)، واعتبر شهر أيار فيه النشاط المخبري متوسطاً.

وضعت عينات مياه الصرف في عبوات بلاستيكية، وتم ترقيمها بحيث تم وضع كود خاص لكل عينة وأخذت إلى المخبر لإجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية، بغرض بيان صلاحيتها للاستخدام المطلوب ومقارنتها بالمواصفات الوطنية لمياه الري، أو المواصفات العالمية المعروفة كالمواصفة الموضوعة من قبل الـ FAO لمياه الري (Ayers and Wescot, 1985). وبلغ مجموع العينات المقطوفة من المراكز العلمية الأربعة 60 عينة. وتم اجراء القياسات الآتية:

- درجة الحرارة
- الرقم الهيدروجيني pH باستخدام الكترود زجاجي لجهاز الـpHوفق (Richards, 1954)
- التوصيل الكهربائي الـ ECوفق (Richards, 1954)
- الـ TDS
- الـ COD
- تم تقدير الأيونات الذائبة (الكاتيوناتوالأنيونات)حسب (Page et al., 1982).
- الفلزات الثقيلة الآتية: (Mn,Fe,Cu,Mo,Zn,Ni,Cr,Pb,Cd)باستخدام جهاز الامتصاص الذري نوع Zeenet 700في مخابر كلية الهندسة الزراعية بجامعة حلب.

ثانياً– المرحلة الثانية:دراسة عينات من الشبكة العامة لمياه الصرف الصحي لمدينة حلب:

بهدف تقييم نوعية مياه الصرف الناتجة من المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب، ومقارنة نوعية هذه المياه مع مياه الصرف الموجودة في الشبكة العامة للصرف الصحي لمدينة حلب، بالإضافة إلى التعرف على كفاءة محطة المعالجة في الشيخ سعيد، تم تحديد موقعين لقطف عينات من مياه الصرف الصحي بحيث تمثل مياه الشبكة العامة للصرف الصحي في مدينة حلب قبل المعالجة وبعد المعالجة، والموقعين هما:

- الموقع الأول: تم تحديد مدخل حوض الرمل في محطة المعالجة في الشيخ سعيد كنقطة دخول مياه الصرف الصحي إلى محطة المعالجة ، كموقع ممثل لنوعية مياه الصرف الصحي الخارجة من الشبكة العامة لمدينة حلب قبل معالجتها.
- الموقع الثاني: تم أخذ عينات مائية من مخرج المحطة لتحديد مواصفات مياه الصرف الصحي المعالجة (معالجة أولية) في محطة الشيخ سعيد.

قطفت عينات مياه الصرف الصحي المعالجة وغير المعالجة الممثلة لمياه الصرف الصحي الناتجة عن مختلف النشاطات (الصناعية والتجارية والزراعية) من الموقعين المذكورين أعلاه، وبشكل دوري خلال عام 2011، بدءاً من الشهر الأول (كانون الثاني من عام 2011) ولغاية الشهر الأخير (كانون الأول من عام 2011) وبمعدل عينتين خلال الشهر الواحد، بحيث أصبح مجموع العينات الممثلة لتقييم مياه الصرف الصحي في الشبكة العامة لمدينة حلب وتحديد كفاءة محة المعالجة /48/ عينة. وتم اجراء معظم التحاليل الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية في مخابر الشركة العامة لمياه الصرف الصحي لمدينة حلب في الشيخ سعيد. بحيث شملت التحاليل الآتية:

- الرقم الهيدروجيني pH باستخدام الكترود زجاجي لجهاز الـpHوفق (Richards, 1954)
- التوصيل الكهربائي الـ ECوفق (Richards, 1954)
- الـ TDS
- الـ BOD
- الـ COD
- الفلزات الثقيلة الآتية: (Cu,Ni,Cr,Pb,Cd).

– تم مقارنة البيانات الخاصة بمدخل المحطة مع البيانات المحددة لنوعية مياه الصرف الناجمة من المراكز العلمية في جامعة حلب، وكذلك تم مقارنة البيانات الخاصة بمخرج المحطة مع البيانات الخاصة بمدخل المحطة.

– تم حساب كفاءة محطة المعالجة من خلال معامل الازالةRI (Removal Index) الذي تم الاعتماد في حسابه على العلاقة الآتية:

$$RI = \frac{Ave. Element\ Conc. (Input) - Ave. Element\ Conc(output)}{Ave. Element\ Conc. (Input)} \times 100$$

ثالثاً- المرحلة الثالثة: تقييم مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في مخبر أبحاث كلية الزراعة(دراسة حالة):

بهدف تقييم مياه الصرف الناجمة عن مخابر التحليل النوعية، والتي لا يتم صرف فضلاتها إلى شبكة الصرف العامة بشكل مباشر، إنما يتم تجميع المياه المنصرفة ضمن عبوات خاصة (سعة 20 ليتر)، فقد تم قطف عينات من مياه الصرف الخاصة لجهاز الامتصاص الذري (التابع لمخبر الأبحاث في قسم علوم التربة واستصلاح الأراضيفي كلية الهندسة الزراعية) وعلى فترتين:

- الأولى في 2011/3/9 .
- الثانية في 2011/4/30

حيث تم تقدير التركيب الكيميائي الأيوني الذي تضمن الكاتيونات ($Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}$)والأنيونات ($HCO3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}$). وكذلك تم قياس المؤشرات الرئيسة (pH, EC, TDS). أما فيما يتعلق بمحتوى هذه المياه من الفلزات الثقيلة فقد تم تقدير تركيز كل من (Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Fe, Mo, Mn).

في كل المعايير التي تم الاعتماد عليها في هذه الدراسة تم الرجوع إلى المعايير الكيميائية الخاصة بمواصفات المياه المستخدمة لأغراض الري الزراعي الموضحة في الجدول رقم (7).وكذلك تم تقييم محتوى مياه الصرف من الفلزات الثقيلة في المياه الناجمة عن المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب من خلال المواصفة القياسية السورية، كما هو موضح في الجدول رقم (6)

الجدول رقم (7): مؤشرات الملوحة الخاصةبتقييم نوعية المياهالمستخدمةلأغراضالري

(المصدر: Ayers and Wescot, 1985).

Potential irrigation problem	Units	Degree of restriction on use		
		None	Slight to moderate	Severe
		Salinity		
EC†	$dS\ m^{-1}$	<0.7	0.7–3.0	>3.0
TDS	$mg\ L^{-1}$	<450	450–2000	>2000
Sodicity				
SAR, 0–3 and EC	$dS\ m^{-1}$	≥0.7	0.7–0.2	<0.2
3–6 and EC	$dS\ m^{-1}$	≥1.2	1.2–0.3	<0.3
6–12 and EC	$dS\ m^{-1}$	≥1.9	1.9–0.5	<0.5
12–20 and EC	$dS\ m^{-1}$	≥2.9	2.9–1.3	<1.3
20–40 and EC	$dS\ m^{-1}$	≥5.0	5.0–2.9	<2.9
		Specific ion toxicity		
Sodium (Na)				
Surface irrigation	SAR	<3	3–9	>9
Sprinkler irrigation	$mg\ L^{-1}$	<70	>70	
Chloride (Cl)				
Surface irrigation	$mg\ L^{-1}$	<140	140–350	>350
Sprinkler irrigation	$mg\ L^{-1}$	<100	>100	
Boron (B)	$mg\ L^{-1}$	<0.7	0.7–3.0	>3.0
		Miscellaneous effects		
Nitrogen (total N)	$mg\ L^{-1}$	<5	5–30	>30
Bicarbonate (HCO_3) (overhead sprinkling only)	$mg\ L^{-1}$	<90	90–500	>500
pH	unitless		Normal range of 6.5–8.4	
Residual chlorine (overhead sprinkling only)	$mg\ L^{-1}$	<1.0	1.0–5.0	>5.0

† EC = electrical conductivity; TDS = total dissolved solids; SAR = sodium adsorption ratio.

و الجدول رقم (8) يبين الحدود المسموح بها ومجالات تراكيز الأيونات (الكاتيوناتوالأنيونات)،وكذلك الحدود الطبيعية لبعض الخصائص الكيميائية ضمن مياه الصرف الصحي في الشبكة العامة وفق (Metcalf & Eddy,1991).ويبين الجدول أن أعلى قيمة للأملاح الكلية الذائبة يجب أن لا تتجاوز 380 ملغ/ليتر، وأن لا يتجاوز تركيز كل من الصوديوم والكالسيوم والمغنزيوم والبوتاسيوم1600-320-120-600ميليمكافئ/ليتر، على الترتيب.

الجدول رقم (8): الحدود المسموح بها لتركيز الأيونات (الأنيوناتوالكاتيونات) في مياه المجاري العامة وفق (Metcalf & Eddy, 1991) .

Constituent	Increment Range,[a] mg/l
Anions	
Bicarbonate (HCO_3)	50–100
Carbonate (CO_3)	0–10
Chloride (Cl)	20–50[b]
Nitrate (NO_3)	20–40
Phosphate (PO_4)	5–15
Sulfate (SO_4)	15–30
Cations	
Calcium (Ca)	6–16
Magnesium (Mg)	4–10
Potassium (K)	7–15
Sodium (Na)	40–70
Other constituents	
Aluminum (Al)	0.1–0.2
Boron (B)	0.1–0.4
Fluoride (F)	0.2–0.4
Manganese (Mn)	0.2–0.4
Silica (SiO_2)	2–10
Total alkalinity (as $CaCO_3$)	60–120
TDS	150–380

Source: Metcalf and Eddy, Inc., 1991.
Notes: [a]Reported values do not include commercial and industrial additions.
[b]Excluding the addition from domestic water softeners.

رابعاً– المرحلة الرابعة:دراسة حركية وانتقال فلز الرصاص في نوعين من الترب السورية:

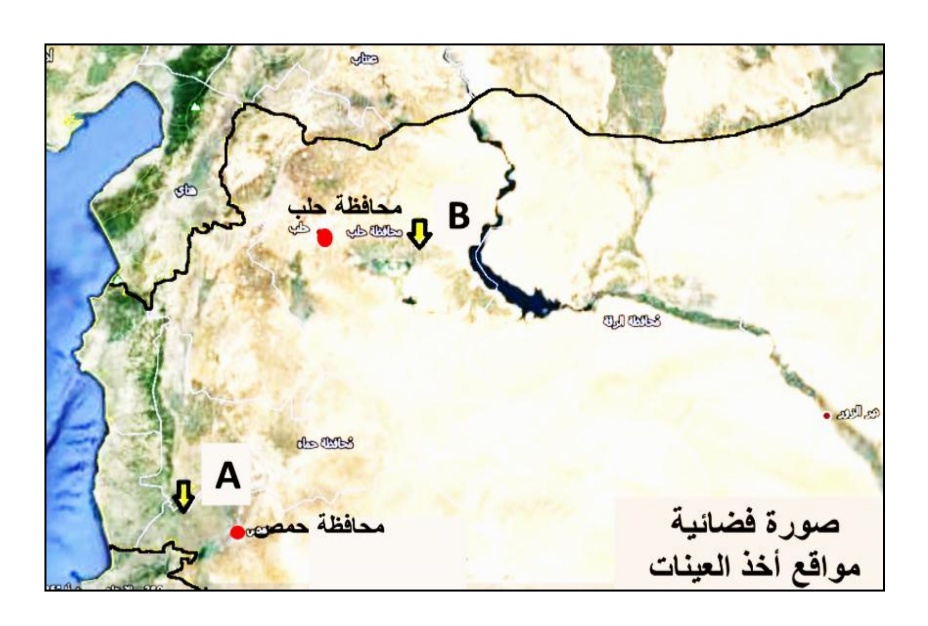
لتحقيق أهداف هذه المرحلة والتيتتعلق بحركية وانتقال فلز الرصاص في التربة. نفذت تجربة مخبرية من خلال تطبيقأعمدةمن التربة لوصف طبيعة انتقال الرصاص في نوعين من الترب السورية. حيث جمعت عينات الترب من موقعين:

الموقع A: يمثل الترب الحامضية الناشئة فوق صخور بازلتية في منطقة ضهر القصير الواقعة غرب مدينة حمص، كما هو موضح في الشكل رقم (3). حيث ترتفع المنطقة إلى نحو يزيد عن 1000 م فوق سطح البحر، بإحداثيات محددة وفق جهاز تحديد المواقع الجغرافية GPS (E ´´36°22´46 , N ´´34°49´50).

الموقع B: يمثل الترب الجيرية المنتشرة في منطقة دير حافر الواقعة في شرق مدينة حلب (شكل رقم 3). حيث يبلغ ارتفاع هذه المنطقة عن سطح البحر بحدود 340 م بإحداثيات (E ´´37°41´02 , N ´ ´36°09´54).

جمعت عينات الترب الممثلة للمواقع الأنفة الذكرعلىعمقمنصفرإلى60 سم. وتم حفظالعيناتفيأكياسبلاستيكةنظيفة. وجهزت عينات التربة في المخبر بإجراء التجفيف الهوائي ثمالنخلبمنخلقطرثقوبه 2 ملم، وبعدخلط العينةجيداًأخذتعينةممثلة لترب المواقع المدروسة لإجراءالتحاليل الفيزيائية والكيميائيةا لتي تضمنت:

- تقدير التوزيع الحجمي لحبيبات التربة (Particle Size Distribution) بواسطة التحليل الميكانيكي بعد التخلص من الأملاح والكربونات والمادة العضوية، وفقاً للطريقة العالمية (Piper,1950).
- تقدير الرقم الهيدروجيني (pH) في معلق التربة (2.5:1) بواسطة الكترود زجاجي وفق (Richards, 1954).
- وتم تقدير التوصيل الكهربائي (EC) لعينات التربة من خلال مستخلص العجينة المشبعة وفق (Richards, 1954).
- تقدير الكاتيونات الذائبة التالية: (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+},K^{+}) في مستخلصات عجينة التربة المشبعة حسب (Page et al., 1982)، حيث تم تقدير (Na^{+},K^{+})باستخدام جهاز الامتصاص الطيفي باللهب Flame Photometer، بينما تم تقدير (Ca^{2+},Mg^{2+}) بالمعايرة بالفيرسينيت.
- تقدير كلاً من الأنيونات الذائبة التالية: ($HCO3^{-}$, SO_4^{2-}, Cl^{-}) في مستخلصات التربة حسب (Page et al., 1982)، حيث تم تقدير الكربونات والبيكربونات بواسطة المعايرة بحمض H_2SO_4، وتم تقدير أيونات الكلور Cl^{-} بالمعايرة باستخدام نترات الفضة. وقدرت الكبريتات الذائبة SO_4^{2-} باستخدام جهاز قياس العكارة Nanocolor، عن طريق تكوين معلق من كبريتات الباريوم من خلال إضافة كلوريد الباريوم(Rainwater and Thatcher, 1979).
- تم تقدير محتوى التربة من المادة العضوية وفق طريقة الأكسدة الرطبة (طريقة Black &Walky) وفق (Jackson, 1965).
- تم تقدير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم ($\%CaCO_3$) التي تعبر عن المحتوى الكلي من الكربونات، وذلك باستخدام جهاز الكالسيميتر(Calcimeter) وفق الطريقة المبينة وفق (Hesse, 1971).
- تم تقدير السعة التبادلية الكاتيونيةCECبتشبيع التربة بخلات الصوديوم حسب (Page et al., 1982).



الشكل رقم (3): صورة فضائية محدد عليها مواقع أخذ عينات التربة التي استخدمت في تجارب الأعمدة.

ويبين الجدول رقم (9) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة.

الجدول رقم (9): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المستخدمة في دراسة حركية الرصاص.

خصائص التربة	الواحدة	التربة (A)	التربة (B)
التوزيع الحجمي لحبيبات التربة			
الطين	%	26.20	52.22
السلت	%	32.36	22.02
الرمل	%	41.44	25.76
قوام التربة		Loam	Clay
الكثافة الظاهرية	$غ/سم^3$	1.45	1.54
$CaCO_3$	%	Tr	45.16
O.M	%	3.12	1.44
CEC	ميليمكافئ/100 غ	26.3	38.4
$pH_{(1:2.5)}$ في معلق		5.84	8.46
EC_e	ديسيسيمينز/م	0.64	1.21
الكاتيونات الذائبة			
Ca^{+2}	$meq.\ell^{-1}$	2.88	4.34
Mg^{+2}	$meq.\ell^{-1}$	2.52	4.44
Na^{+}	$meq.\ell^{-1}$	0.80	2.24
K^{+}	$meq.\ell^{-1}$	0.16	1.15
الأنيونات الذائبة			
HCO_3^{-}	$meq.\ell^{-1}$	2.00	5.95
Cl^{-}	$meq.\ell^{-1}$	1.20	3.41
SO_4^{-2}	$meq.\ell^{-1}$	3.16	2.65

تجارب الأعمدة Column Experiments:

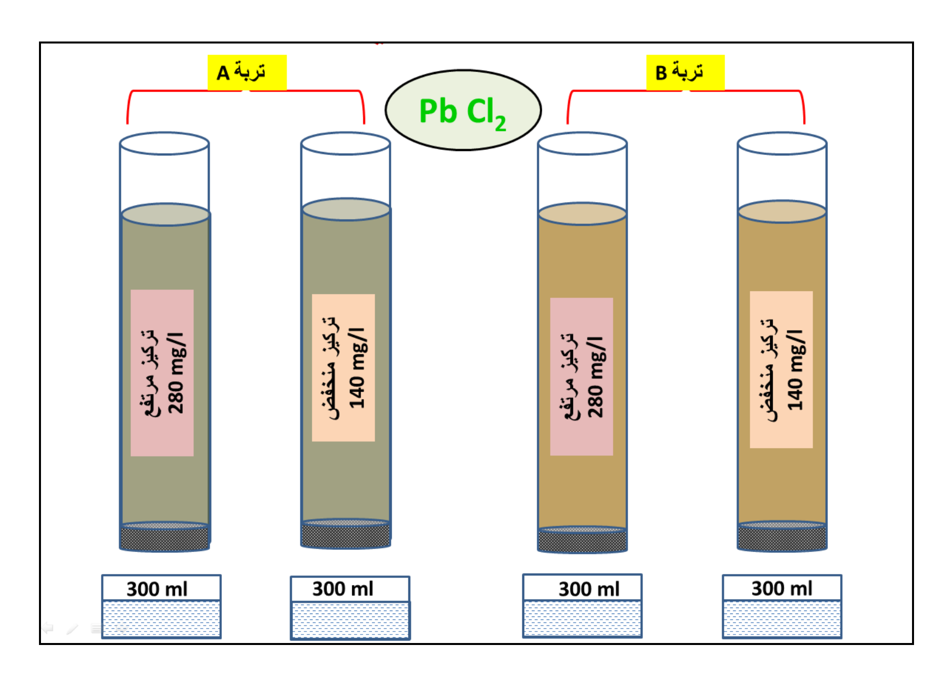
تمتجهيز أربعة أعمدةمن التربتين المدروستين ضمن أسطوانات زجاجية مفتوحة من الطرفين بطول تقريبي يعادل حوالي 25 سم ونصف قطر قدره 1.5 سم ،حيث تم تعبئة الترب بكثافةظاهريةتعادل تقريباً قيمها في الحقل (حوالي 1.5 غ/سم^3). وتمت دراسة انتقالفلز الرصاص طبقاًلحركة المحاليل المائية في الترب المشبعة، حيث تم تشبيع التربة من الأسفل عن طريق صعود الماء بالخاصة الشعرية، للحفاظ على ثباتية التجمعات الترابية أثناء جريان الماء حسب (دارسي).وتم استخدام تركيزين من المحاليل الملوثة بالرصاص باستخدام كلوريد الرصاص:الأول بتركيز 140 ($mg.\ \ell^{-1}$) ملغ/ليتر، والثاني بتركيز 280 ($mg.\ \ell^{-1}$) ملغ/ليتر. والجدول رقم (10) يبين نتائج التحليل الكيميائي للماء المستخدم في تشبيع الأعمدة ودراسة انتقال الرصاص.

تم اضافة الماء أو المحلول الملوث بالرصاص بعد استقرار الجريان بمعدل تراوح بين 60−100 سم^3/ساعة للتربتين A وB على الترتيب. وتم استقبال الراشح من أعمدة التربة على خمس فترات لمدة ثلاثة أيام متتالية من كل عمود بمعدل 300 سم^3 في كل مرة (الشكل رقم 4). وبالتالي جمعت الرشاحات في 20 عبوة بلاستيكية لتقدير تركيز كل من الكالسيوم والمغنزيوم والرصاص بالإضافة إلى الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي في الرشاحة.

الجدول رقم (10): التحليل الكيميائي للمياه المستخدمة في تجارب الأعمدة

الخصائص الكيميائية	الواحدة	القيم
الرقم الهيدروجيني pH	–	7.75
التوصيل الكهربائي EC_w	$dS.m^{-1}$	0.97
الكاتيونات الذائبة		
الكالسيوم Ca^{+2}	$meq.\ell^{-1}$	2.88
المغنزيوم Mg^{+2}	$meq.\ell^{-1}$	3.95
الصوديوم Na^{+}	$meq.\ell^{-1}$	2.68
البوتاسيوم K^{+}	$meq.\ell^{-1}$	0.16
الرصاص الذائب Pb^{+2}	$mg.\ell^{-1}$	–
الأنيونات الذائبة		
الكربونات CO_3^{--}	$meq.\ell^{-1}$	–
البيكربونات HCO_3^{-}	$meq.\ell^{-1}$	4.55
الكلوريد Cl^{-}	$meq.\ell^{-1}$	2.61
الكبريتات SO_4^{-2}	$meq.\ell^{-1}$	2.48

في نهايةالتجربةتم تقدير كمية الرصاص الذائب (باستخدام الماء المقطر) والمدمص (عن طريق الاستخلاص بمحلول DTPA) في أعمدة الترب المدروسة وعلى أربعة أعماق هي: 0–5 سم ، 5–10 سم ، 10 – 15 سم ، 15– 20 سم.



الشكل رقم (4): مخطط توضيحي لتجارب الأعمدة التي شملتها هذه الدراسة.

IV- النتائج والمناقشة - Results & Discussion

مما لا شك فيه أن تلوث المياه يشكل مشكلة خطيرة تهدد حياة الكائنات الحية ولا يقل خطورة عن تلوث الهواء،حيث أنهما يشتركان في الطبيعة الخاصة لنمط التلوث السائد في البلدان النامية. وبما إن الماء هو عنصر أساسي في حياة الفرد، من هنا تأتي أهمية الحفاظ عليه ومنع تفشي ظاهرة تلوث هذا المورد الأساسي.

تتكون المياه العادمة بشكل عام من 99.9% مياهو 0.1% عبارة عن مواد مختلفة. لذلك تعدالمياه العادمة هي مياه قابلة للتدوير، ولكن تتوقف عمليةإعادة استخدامها في الاستعمالات الزراعية على نوعية الملوثات الموجودة في هذا الجزء اليسير الذي يشكل 0.1%. وعندما نتحدث عن تلوث المجاري نقصد نسبة هذه المواد الملوثة التي تضم مواد غير عضوية مثل المواد الصلبة (دقائق التربة المعدنية)وأملاح مختلفة التركيب، وتصل نسبتها إلى نحو 0.03% من كمية المياه العادمة، بينما تكون نسبة المواد العضوية نحو 0.07% من المياه العادمة. وفيما يلي تقييم شامل لمياه الصرف الناتجة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب من خلال المعايير التي تم اعتمادها في هذاالبحث من أجل استدامة مياه الصرف الصحي لأغراض الري الزراعي.

1.4.الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب:

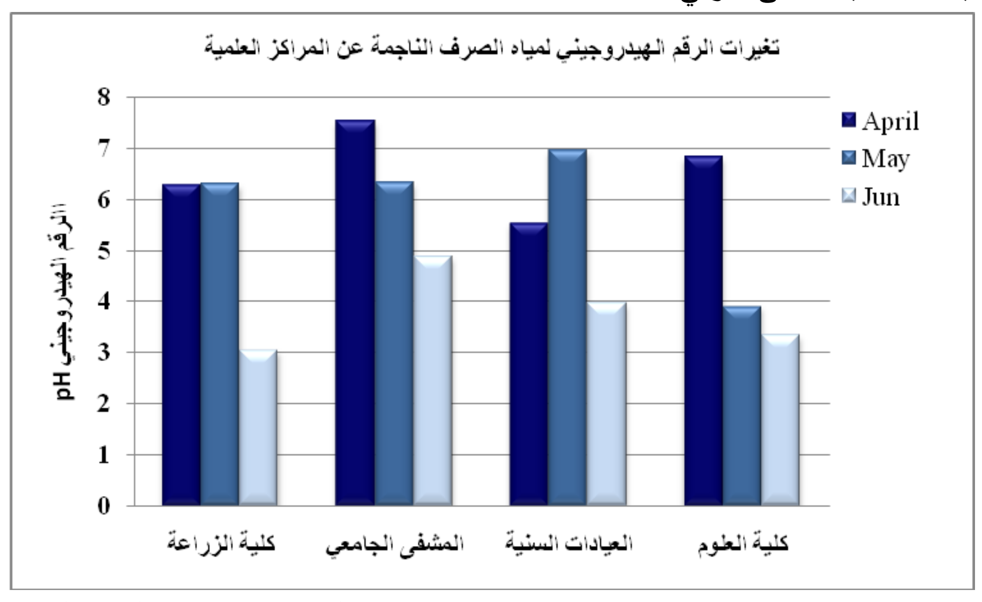
1.1.4.تغيرات الرقم الهيدروجيني:

يبين الجدول رقم (11) نتائج قيم الرقم الهيدروجينيلمياه الصرف الناجمة من بعض المراكز العلمية في جامعة حلب، والتي شملت راكاراتالعيادات السنية، كلية العلوم، كلية الزراعة، ومشفى حلب الجامعي. وتشير البيانات إلى أن قيم الرقمالهيدروجيني تفاوتت بين المراكز الأربعة المدروسة، فقد بلغت أعلى قيمة للرقم الهيدروجيني (8.17) وذلك في مياه الصرف الناجمة عن نشاطات المشفى الجامعي في القراءة الرابعة من شهر نيسان (ابريل). بينما كانت أقل قيمة للرقم الهيدروجيني (1.79) قد سجلت في مياه الصرف الناجمة عن نشاطات كلية العلوم في القراءة الثانية من شهر حزيران (يونيو).كما وتشير البيانات إلى أن أعلى متوسط لقيم الرقم الهيدروجيني (7.55) كانت في مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي خلال شهر نيسان. بينما كان أقل متوسط (3.05) في مياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة خلال شهر حزيران. وتظهر البيانات بشكل جلي انخفاض ملحوظ في قيم الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة وكلية العلوم في شهر حزيرانبالإضافة إلى العيادات السنية، حيث انخفضت قيم الرقم الهيدروجيني إلى مستويات الحموضة الشديدة (أقل من 3) في بعض العينات المقطوفة من راكاراتهذه المراكز العلمية. ويمكن أن يعزى هذا الانخفاض الشديد إلى توقف النشاطات في المخابر العلمية في كلتا الكليتين إلى حده الأدنى، وكذلك انخفاض واضح في كمية مياه الصرف الصحي الناتجة عن الاستعمالات الأخرى نتيجة توقف الدوام وبدء الامتحانات في شهر حزيران، حيث من المعلوم أن الامتحانات العملية تنتهي في منتصف شهر أيار (مايو) لتبدأ بعدها الامتحانات النظرية في شهر حزيران. حيث ينتج من نشاط الطلاب في المراكز العلمية التدريسية كميات كبيرة جداً من مياه الصرف (كما هو الحال في كلية الزراعة والعلوم) ، بينما يبقى تأثير نشاط الطلاب في الجلسات العملية وغيرها من النشاطات الأخرى غير مؤثر في المشفى الجامعي.

الجدول رقم (11): بيانات الرقم الهيدروجيني (pH) لمياه الصرف الناجمة من بعض المراكز العلمية في جامعة حلب.

تاريخ أخذ العينة	الرقم الهيدروجينى pH			
	كلية العلوم	كلية الزراعة	العيادات السنية	المشفى الجامعى
1 April	6.96	5.48	6.96	7.42
8 April	6.90	5.00	5.52	7.11
15 April	7.16	6.55	6.30	7.12
22 April	6.92	6.74	6.94	8.17
29 April	6.30	6.73	1.99	7.92
Average (April)	**6.85**	**6.29**	**5.54**	**7.55**
1 May	2.14	6.71	7.70	7.26
8 May	6.92	5.92	6.99	7.30
15 May	1.90	7.10	6.62	7.95
22 May	1.90	5.99	6.79	7.03
29 May	6.75	5.85	6.73	2.15
Average (May)	**3.92**	**5.51**	**6.97**	**6.34**
1 Jun	7.36	6.95	2.19	2.00
8 Jun	1.79	2.18	6.88	2.11
15 Jun	3.71	2.12	1.98	6.67
22 Jun	2.08	2.16	3.29	6.83
29 Jun	1.80	1.85	4.53	6.84
Average(Jun)	**3.35**	**3.05**	**3.17**	**4.89**

ويلاحظ من البيانات كما هو موضح في الشكل رقم (5) أن متوسطات قيم الرقم الهيدروجيني (.pH) كانت تنخفض بالانتقال من شهر نيسان إلى شهر حزيران (باستثناء العيادات السنية حيث ارتفع معدل الرقمالهيدروجيني في شهر أيار قبل أن يعاود الانخفاض في حزيران)، حيث انخفضمتوسط الرقم الهيدروجيني من القيمة (7.55) في شهر نيسان إلى القيمة (4.89) في شهر حزيران، ومن القيمة (6.85) إلى القيمة (3.35)، ومن (6.29) إلى (3.05)، ومن (5.54) إلى (3.17) في مياه الصرف الناجمة عن نشاطات كلٍ من المشفى الجامعي، وكلية العلوم ، وكلية الزراعة ، والعيادات السنية ، على التوالي.



الشكل رقم (5): تغير متوسطات الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب.

مما تقدم، وبمقارنة بيانات الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية الآنفة الذكر مع المعايير والمؤشرات الموضوعة من قبل (**Ayers and Wescot, 1985**) والموضحة في الجدول (7)، والتي تشير إلى أن الرقم الهيدروجيني للمياه التي تستخدم لأغراض الري الزراعي يجب أن تتراوح بين القيمتين 6.5 – 8.4. يمكن القول أنه بالاعتماد على متوسطات قيم الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب فإن هذه المياه لا يمكن استخدامها لأغراض الري الزراعي نتيجة انخفاض الرقم الهيدروجيني في بعض العينات لمستويات عالية الحموضة. لذلك فإن وصول هذه المياه إلى قساطل الصرف العام قد يؤثر بشكل مباشر في نوعية المياه وهذا ما يسبب مشاكل عديدة، منها قد يصيب الكائنات الحية بشكل مباشر.

2.1.4.تغيرات قيم الناقلية الكهربائية (EC):

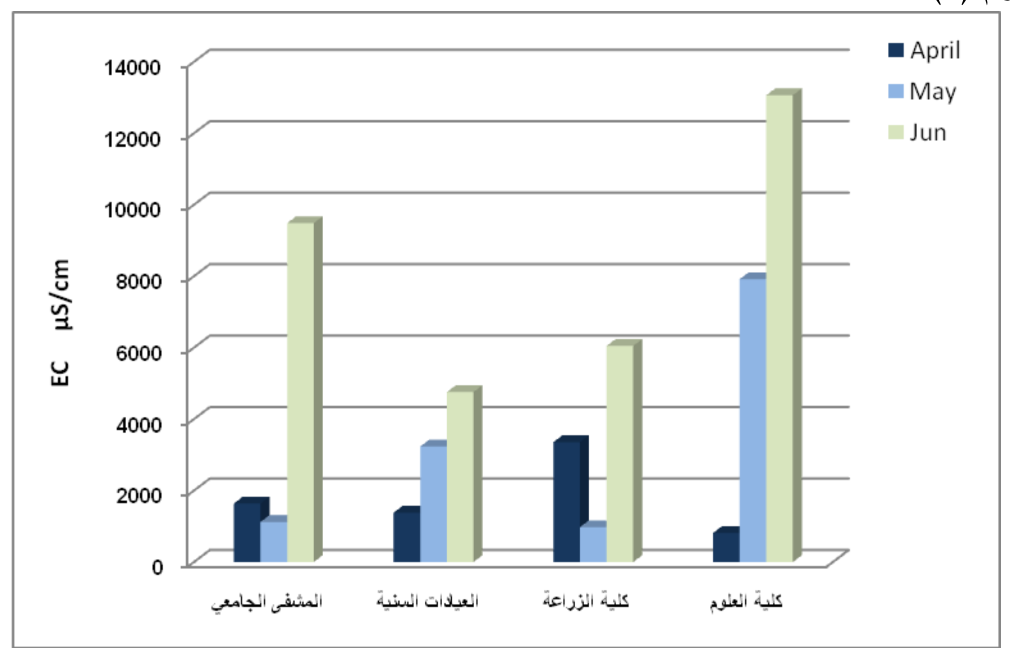
تبين نتائج تحليل عينات مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية في جامعة حلب أن قيم الناقلية الكهربائية (EC) قد تباينت كثيراً من مركز إلى أخر، كما هو موضح في الجدول رقم (12). وهذا ينسجم تماماً مع طبيعة المواد المستخدمة في المخابر المختلفة التي تتبع إلى كل مركز من المراكز المدروسة. وقد أظهرت النتائج أن أعلى قيمة للناقلية الكهربائية (**µS/cm** 20590) كانت قد سجلت في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم، وذلك في القراءة الأخيرة من شهر حزيران. بينما كانت أقل قيمة للناقلية الكهربائية(**µS/cm** 511) في العينة الثالثة الممثلة لقراءات شهر نيسان لمياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم أيضاً.

الجدول رقم (12): تغيرات قيم الناقلية الكهربائية (EC) لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.

تاريخ أخذ العينة	قيم الناقلية الكهربائية (EC=µS/cm)			
	كلية العلوم	كلية الزراعة	العيادات السنية	المشفى الجامعي
1 April	1246	1712	718	1386
8 April	923	1116	1656	1449
15 April	511	1078	1777	1313
22 April	719	2145	1437	1545
29 April	669	2143	11180	1211
Average (April)	**813.6**	**1638.8**	**3353.6**	**1380.8**
1 May	8570	1134	605	1277
8 May	989	771	1057	2743
15 May	14850	2054	1032	2033
22 May	12940	880	924	1248
29 May	2231	769	1260	8860
Average (May)	**7916**	**1121.6**	**975.6**	**3232.2**
1 Jun	6300	2312	9270	9880
8 Jun	19890	8130	1877	9680
15 Jun	7380	10540	11160	1305
22 Jun	11160	9170	4960	1391
29 Jun	20590	17270	2971	1532
Average(Jun)	**13064**	**9484.4**	**6047.6**	**4757.6**

وتظهر البيانات أن أعلى متوسط لقيم الناقلية الكهربائية (EC =13064 **µS/cm**) كانت قد سجلت في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم وهذه القيمة تمثل معدل قراءات شهر حزيران. وبالمقابل كان أدنى معدل لقيم الناقلية

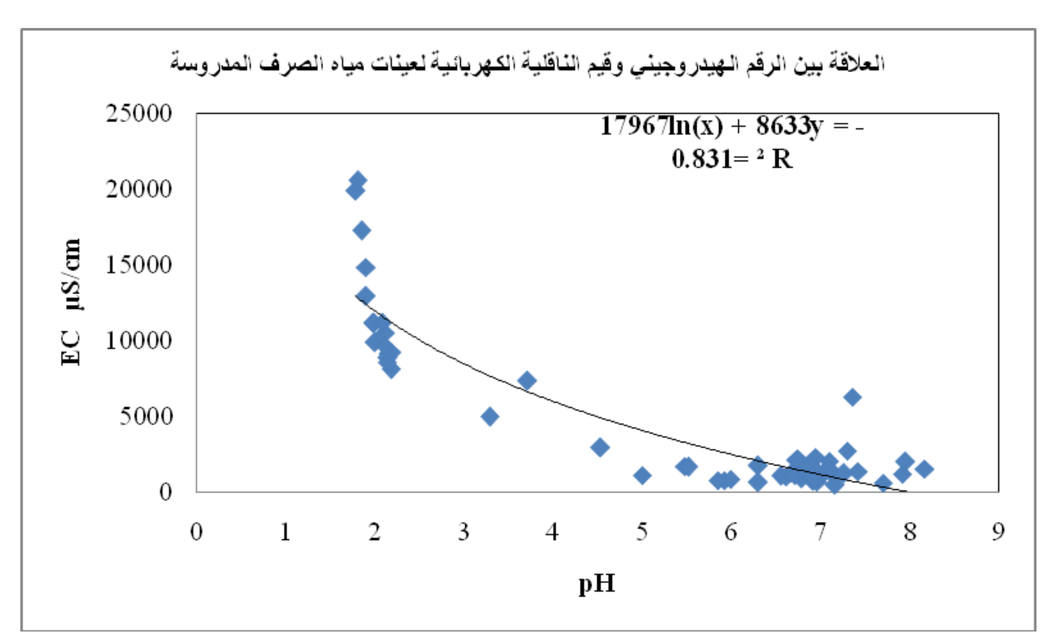
الكهربائية (813.6µS/cm) وذلك في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم أيضاً، ولكنلشهر نيسان كما هو موضح في الشكل رقم (6).



الشكل رقم (6): تغير متوسط الناقلية الكهربائية (EC µS/cm) لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة.

وتشير البيانات إلى ارتفاع قيم الناقلية الكهربائية بشكل واضح في شهر حزيران بالمقارنة مع شهر نيسان، كما هو موضح في الشكل (6). وهذا الارتفاع الملحوظ لقيم الناقلية الكهربائية لمياه الصرف في شهر حزيران ربما يعزى لغياب مياه الأمطار التي تشكل مصدراً إضافياً لمياه الصرف الناجمة عن النشاطات المخبرية المختلفة، حيث يمكن أن تمتزج مياه الأمطار المنصرفة من خلال المجاري الملحقة مع الشبكة العامة مع مياه الصرف الناجمة عن المخابر في المراكز العلمية.

بالرغم من أنه لا يوجد دلائل قوية تشير إلى وجود علاقة بين قيم الناقلية الكهربائية المرتفعة في بعض العينات الممثلة لمياه الصرف من المراكز العلمية المدروسة مع قيم الرقم الهيدروجيني المنخفضة (الشديدة الحموضة) لهذه المراكز، إلا أن الشكل رقم (7) يشير إلى وجود علاقة بين هذين المؤشرين. ويمكن تفسير هذه العلاقة إلى انخفاض معدل تدفق المياه من المخابر المختلفة في بعض الفترات التي تم فيها أخذ هذه العينات الشديدة الحموضة، مما انعكس على قيم الناقلية الكهربائية من خلال ارتفاع تركيز الأملاح المنحلة في هذه العينات التي وصلت إلى ذروتها كما تم الاشارة عليه في القراءة الأخيرة لعينات مياه الصرف الممثلة لكلية العلوم، حيث وصل تركيز الأملاح الذوابة إلى مستوى قياسي (20590 µS/cm)، ورافق هذا التركيز العالي من الأملاح المنحلة قيمة منخفضة جداً للرقم الهيدروجيني (pH=1.80).



الشكل رقم (7): العلاقة بين بيانات الرقم الهيدروجيني وقيم الناقلية الكهربائية لعينات مياه الصرف المدروسة

3.1.4.المواد الصلبة الكلية(TDS):

تعرف المواد الصلبة الكلية عملياً في مياه الصرف على أنها كل المواد التي تتبقى بعد التبخير عند درجة حرارة من 103 إلى 105 °م وبعد ثبات الوزن.وتؤثر قيم المواد المنحلة الكلية بشكل رئيسي على إنتاج المحاصيل وهذا يختلف حسب نوع المحصول، وتركيز بعض الأيونات التي يمكن أن تكون سامة للنبات أو ذات تأثيرات غير مرغوبة على المحاصيل والتربة والصحة العامة مثل البورون وتركيز الأيونات الموجبة والتي تؤثر على قوام التربة ونفاذيتها.تتألف المواد الصلبة المنحلة الكلية بشكل عام من (كربونات وكلوريدات وكبريتات وفوسفات ونترات، بالإضافة إلى الكالسيوم والمغنزيوم والصوديوم والبوتاسيوم). ويمكن تقسيم المواد الصلبة الكلية أو المتبقية بعد التبخير أيضاً إلى مواد منحلة يمكن ترشيحها أو مواد عالقة لا يمكن ترشيحها وذلك بتمرير حجم معلوم من السائل خلال فلتر (ورق ترشيح).ويحتوى الجزء القابل للترشيح من المواد الصلبة على مواد غروية ومواد صلبة منحلة. ويحتوى جزء المواد الغروية على جزيئات بحجم من 0.001 إلى 1 ميكرومتر. أما المواد الصلبة المنحلة فتحتوى على جزيئات من مواد عضوية ومواد غير عضوية وأيونات منحلة في الماء. ويمكن حساب قيمة المواد الصلبة المنحلة من خلال العلاقات الآتية:

$$\text{TDS mg liter}^{-1} = \text{EC (dS m}^{-1}) \times 640 \text{ (For EC between } 0.1 - 5.0 \text{ dS m}^{-1})$$
$$\text{TDS mg liter}^{-1} = \text{EC (dS m}^{-1}) \times 800 \text{ (For EC} > 5.0 \text{ dS m}^{-1})$$

يبين الجدول رقم (13) قيم الـTDS لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب، وتشير النتائج إلى أن أعلى قيمة للمواد الصلبة الكلية (TDS=13177.60 mg/ℓ) كانت قد سجلت في القراءة الأخيرة من شهر حزيران في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم. بينما كانت أقل قيمة للمواد الصلبة الكلية

(327.04 mg/ℓ) في العينة الثالثة الممثلة لقراءات شهر نيسان لمياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم أيضاً. وتظهر البيانات أن أعلى معدل لقيم المواد الصلبة الكلية (8360.96 mg/ℓ) كانت قد سجلت في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم وهذه القيمة تمثل متوسط قراءات شهر حزيران. وبالمقابل كان أدنى متوسط لقيم الناقلية الكهربائية (520.70 mg/ℓ) وذلك في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم أيضاً، ولكن لشهر نيسان كما هو موضح في الشكل رقم (13).

الجدول رقم (13): تغيرات الأملاح الكلية المنحلة (TDS) في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.

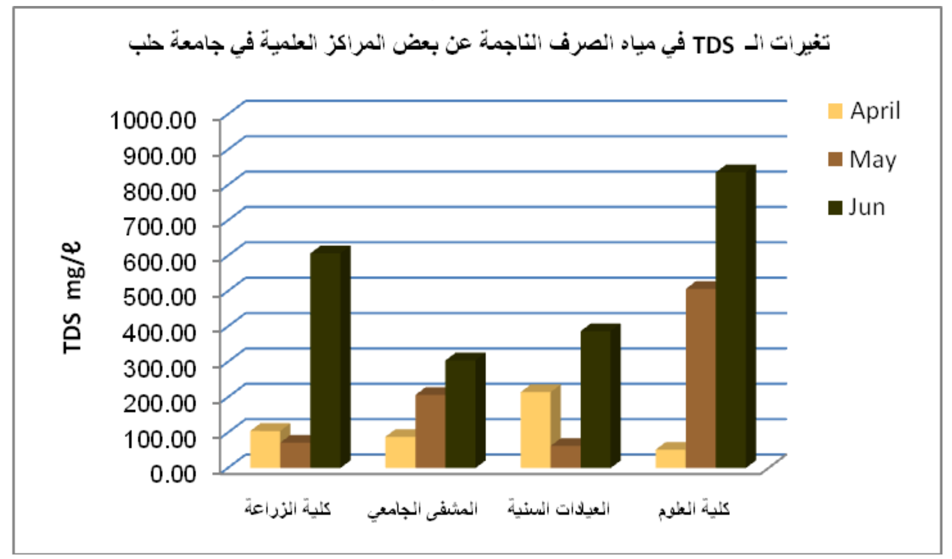
تاريخ أخذ العينة	الأملاح الكلية المنحلة (TDS) ملغ/لتر			
	كلية العلوم	**كلية الزراعة**	**العيادات السنية**	**المشفى الجامعي**
1 April	797.44	1095.68	459.52	887.04
8 April	590.72	714.24	1059.84	927.36
15 April	327.04	689.92	1137.28	840.32
22 April	460.16	1372.80	919.68	988.80
29 April	428.16	1371.52	7155.20	775.04
Average (April)	**520.70**	**1048.83**	**2146.30**	**883.71**
1 May	5484.80	725.76	387.20	817.28
8 May	632.96	493.44	676.48	1755.52
15 May	9504.00	1314.56	660.48	1301.12
22 May	8281.60	563.20	591.36	798.72
29 May	1427.84	492.16	806.40	5670.40
Average (May)	**5066.24**	**717.82**	**624.38**	**2068.61**
1 Jun	4032.00	1479.68	5932.80	6323.20
8 Jun	12729.60	5203.20	1201.28	6195.20
15 Jun	4723.20	6745.60	7142.40	835.20
22 Jun	7142.40	5868.80	3174.40	890.24
29 Jun	13177.60	11052.80	1901.44	980.48
Average(Jun)	**8360.96**	**6070.02**	**3870.46**	**3044.86**

لقد حددت هيئة المواصفات والمقاييسالعربية السورية(م.ق.س) رقم: 2008/2580 الصادرة من قبل وزارة الصناعة تحت عنوان. "**المخلفات المسائلة الناتجة عن المنشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة المصرف العامة**"الإشتراطات والخواص التي يجب أن تتوفر في المخلفات السائلة الناتجة عن النشاطات الاقتصادية المنتهية إلى شبكة الصرف العامة، والتي حددت من ضمنها كل من:

- الصناعات الكيميائية.
- الصناعات الغذائية والدوائية.
- الصناعات النسيجية.
- الخدمات الصحية.
- أي منشأة أو نشاط اقتصادي يصرف مياه ملوثة.

فإذا اعتبرنا أن المراكز العلمية في جامعة حلب تتبع هذه النشاطات، فهذا يعني أن كل مركز يقوم بصرف مياه ناجمة عن النشاطات المختلفة تكون فيها قيمة الـTDS أعلى من 2000 ملغ/لتر، تعد غير مطابقة ويجب معالجتها قبل وصولها إلى شبكة الصرف العامة. وبناءً عليه تعد مياه الصرف في العينات المقطوفة خلال شهر حزيران والناجمة عن كل المراكز العلمية المدروسة غير مطابقة (كلها تزيد عن 2000 ملغ/ل) حسب هيئة المقاييس والمواصفات السورية (م.ق.س) رقم: 2008/2580. بينما كانت نوعية مياه الصرف في كل المراكز العلمية المقطوفة خلال شهر نيسان مطابقة للمواصفات المحددة من قبل هيئة المقاييس والمواصفات السورية (أقل من 2000 ملغ/لتر). أما في شهر أيار فإن البيانات تشير إلى أن مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم والمشفى الجامعي تكون غير مطابقة حيث بلغ معدل المواد الكلية المنحلة الـTDS قيماً عالية وصلت إلى نحو 2068.61 و5066.24 ملغ/لتر في المشفى الجامعي وكلية العلوم على الترتيب. بينما كانت قيم الـTDSفي مياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة والعيادات السنية في شهر أيار ضمن الحدود المسموح بها، حيث وصلت إلى نحو717.82و 624.38 ملغ/لتر على الترتيب.

مما تقدم يمكن القول أن هناك محاذير جمة على استخدام مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب في الري الزراعي، قبل اخضاعها إلى عملية معالجة. ربما تكون هذه المعالجة من نوع المعالجة الأولية للحصول على نوعية مياه مطابقة للمواصفات التي يسمح بها ليلقى بها في الشبكة العامة.



الشكل رقم (8): متوسط المواد الكلية المنحلة TDS (mg/ℓ) لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة.

4.1.4.التركيب الأيوني لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب:

يبين الجدول رقم (14) معدل Averageالتركيب الأيوني لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب، وتشير النتائج إلى تباين واضح في معدل توزع التركيب الأيوني في مياه الصرف الناجمة عن الراكارات التي تم قطف العينات منها. حيث تم قطف العينات أسبوعياً وعلى مدار ثلاثة أشهر (نيسان – أيار – حزيران)، وقد تم تحديد هذه الأشهر لتشمل فترات نشطة وأخرى غير نشطة بالنسبة للعمل المخبري في المراكز العلمية التي شملتها هذه الدراسة. وقد أوضحت النتائج أن أعلى تركيز من أيونات الكالسيوم (92 ملغ/ليتر)

والمغنزيوم (42.74 ملغ/ليتر) كان في مياه الصرف الناجمة عن العيادات السنية. وتظهر البيانات أن أعلى معدل من أيونات الكالسيوم (84.47 ملغ/ليتر)والمغنزيوم (35.13 ملغ/ليتر) كانا أيضاً في مياه الصرف الممثلة لراكارالعيادات السنية، بينما أدنى معدل من أيونات الكالسيوم (54.73 ملغ/ليتر)والمغنزيوم (23.64 ملغ/ليتر) كانا في مياه الصرف الممثلة لراكار كلية الزراعة وكلية العلوم، على الترتيب. أما بالنسبة لتوزع كاتيونات الصوديوم والبوتاسيوم في مياه الصرف الناتجة عن المراكز العلمية المدروسة، فقد أوضحت النتائج ان أعلى تركيز للصوديوم (21 ملغ/ليتر) كان في مياه الصرف الناجمة عن راكار المشفى الجامعي، وكان أعلى تركيز من البوتاسيوم (11.2 ملغ/ليتر)في راكار كلية العلوم. وكان أعلى معدل من تركيز أيونات الصوديوم (15.47 ملغ/ليتر) في راكار المشفى الجامعي، بينما كان أعلى معدل من تركيز أيونات البوتاسيوم (6.33)في راكار كلية الزراعة.

الجدول رقم (14): معدل التركيب الأيوني لمياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.

الموقع	الشهر	SAR meq. ℓ^{-1}	EC_e dS.m^{-1}	معدل تركيز الكاتيونات ($mg.\ell^{-1}$)				معدل تركيز الأنيونات ($mg.\ell^{-1}$)		
				Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^{+}	K^{+}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{-2}
كلية الزراعة	نيسان	2.85	1.63	50.00	28.98	10.40	7.00	198.80	269.80	57.60
	أيار	3	1.12	53.20	24.62	8.60	4.60	236.69	666.69	40.20
	حزيران	2.82	9.48	61.00	24.86	10.40	7.40	24.40	298.25	31.75
Average		**2.89**	**4.08**	**54.73**	**26.15**	**9.80**	**6.33**	**153.30**	**411.58**	**43.18**
كلية العلوم	نيسان	3.06	0.81	54.80	20.64	7.60	2.40	146.40	152.65	34.40
	أيار	3.14	7.92	62.80	22.32	8.00	3.20	79.30	1288.65	18.40
	حزيران	3.88	13.06	74.40	27.96	6.40	11.20	24.40	2513.40	46.40
Average		**3.36**	**7.26**	**64.00**	**23.64**	**7.33**	**5.60**	**83.37**	**1318.23**	**33.07**
العيادات السنية	نيسان	3.53	3.35	84.40	33.14	9.00	3.60	170.80	642.55	37.80
	أيار	3.69	0.98	77.00	29.52	7.40	7.20	311.10	166.85	20.80
	حزيران	4.45	6.04	92.00	42.74	6.80	6.20	67.10	1593.95	34.20
Average		**3.89**	**30.93**	**84.47**	**35.13**	**7.73**	**5.67**	**183.00**	**801.12**	**30.93**
المشفى الجامعي	نيسان	2.73	1.38	78.00	26.18	12.80	4.00	280.60	262.70	26.60
	أيار	2.1	3.23	62.80	29.52	21.00	4.40	256.20	1405.80	21.40
	حزيران	2.37	4.76	46.80	22.82	12.60	4.40	115.90	2140.75	51.20
Average		**2.40**	**3.12**	**62.53**	**26.17**	**15.47**	**4.27**	**217.57**	**1269.75**	**33.07**

أما توزع الأنيونات فقد أوضحت النتائج أن أعلى معدل من البيكربونات (217.5 ملغ/ليتر) كان في راكار المشفى الجامعي، بينما كان أعلى معدلللكلوريد (1318 ملغ/ليتر) في مياه الصرف لكلية العلوم، وأعلى معدل من الكبريتات (43.18 ملغ/ليتر)في مياه الصرف لكلية الزراعة.

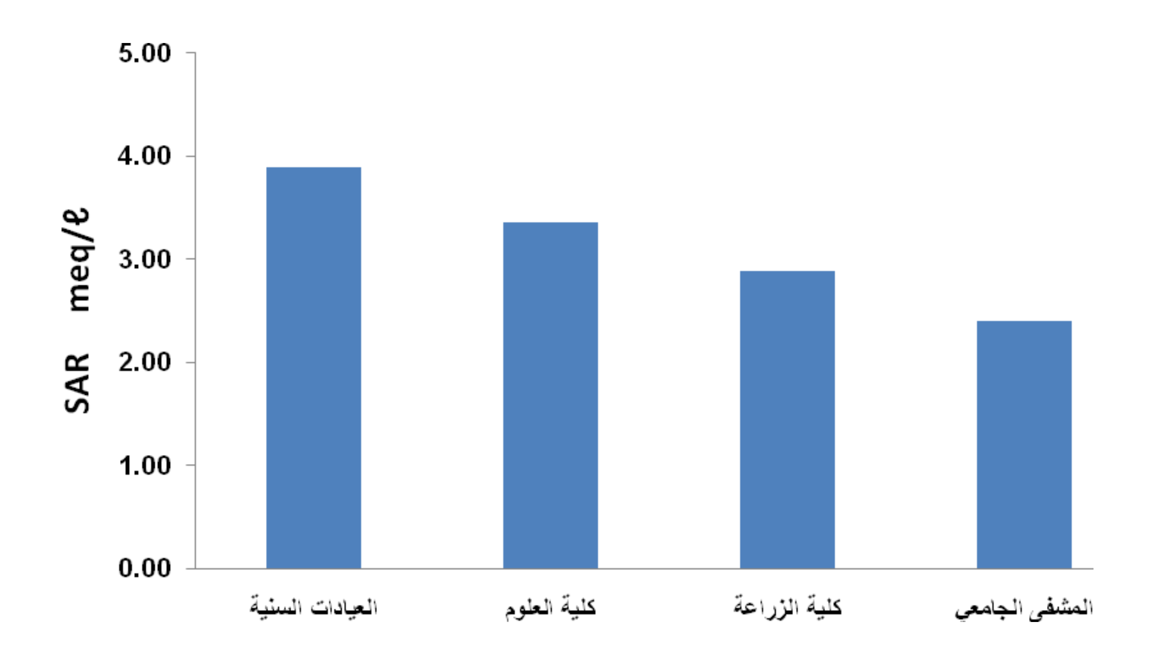
5.1.4. نسبة الصوديوم المدمص–Sodium Adsorption Ratio(SAR):

تعبر نسبة الصوديوم المدمص SARعننسبةتركيزأيونالصوديومالذائبفيعيناتمياه الري، ويمكن حساب نسبة الصوديوم المدمص (SAR) من المعادلة الآتية:

$$SAR = \left[Na^{+}\right] / \left[Ca^{+2} + Mg^{+2} / 2\right]^{1/2}$$

حيث تدل الأقواس [ ] على التركيز الكلي للأيونات في الطور السائل (أو المحلول) معبراً عنها بالميلمكافئ/ليتر أوبالمليمول/ليتر. ويلاحظ من المعادلة السابقة استخدام التركيز الكلي بدلاً من النشاط، ومعنى ذلك ان هذه المعادلة لا تأخذ في الاعتبار انخفاض تركيز الأيونات الحرة والنشاط نتيجة لتكوين المعقدات والأزواج الأيونية، والذي يمكن أن يكون انخفاضاً ملحوظاً ومعنوياً بالنسبة لأيونات الكالسيوم والمغنزيوم، ويعد هذا المعيار من القياسات الهامة في منظومة التربة لإنالكالسيوموالمغنزيوملهماتأثيرمعاكسللصوديوم، حيث تعمل أيونات الصوديومعلىتفريق وتشتيت حبيباتالتربة،بينماتساعدأيوناتالكالسيوموالمغنزيومعلىتحببالتربةوتكوين التجمعاتالترابية الثابتة.

يبين الشكل رقم (9) أن معدل قيم SAR المقدرة في عينات مياه الصرف الناتجة عن بعض المراكز العلمية كانت ضمن الحدود المسموح بها لاستخدامها في الري الزراعي، حيث كانت أعلى قيمة لمعدل نسبة الصوديوم المدمص (3.89) في مياه راكار العيادات السنية، بينما كانت أقل قيمة لمعدل نسبة الصوديوم المدمص (2.41) في مياه راكار المشفى الجامعي. ووفقاً لمؤشرات الملوحة الخاصة بتقييم نوعية المياه المستخدمة لأغراض الري الزراعي حسب ((**Ayers and Wescot, 1985**)فإن عينات المياه المدروسة تعتبر ليس لها أية مشاكل.حيث أوضحت المؤشرات أنه إذا كانت قيمة SARأقل من 3 فعينة المياه ليست لها أية مشاكل مع الزمن، بينما إذا كانت قيمة SAR تتراوح بين القيمتين (3 – 9) فإن المياه لها مشاكل متوسطة، وتأثيرها في التربة يعتمد على نوعية معدن الطين السائد في الترب التي ستروى بمثل هذه المياه. أما إذا كانت قيمة SAR أعلى من 9 فإن المياه لها مشاكل جمة على التربة والنبات. وبشكل عام فإنقيمةSARالمرتفعةتعنيزيادةنسبة Na^{+}قياساًبنسبة كل من Ca^{+2}وMg^{+2}. وبالتالي يسبب الصوديوم سميةعاليةللنباتات المزروعة، بالإضافة إلى التأثير السلبي على خواص التربة التي تم الاشارة إليها أعلاه.



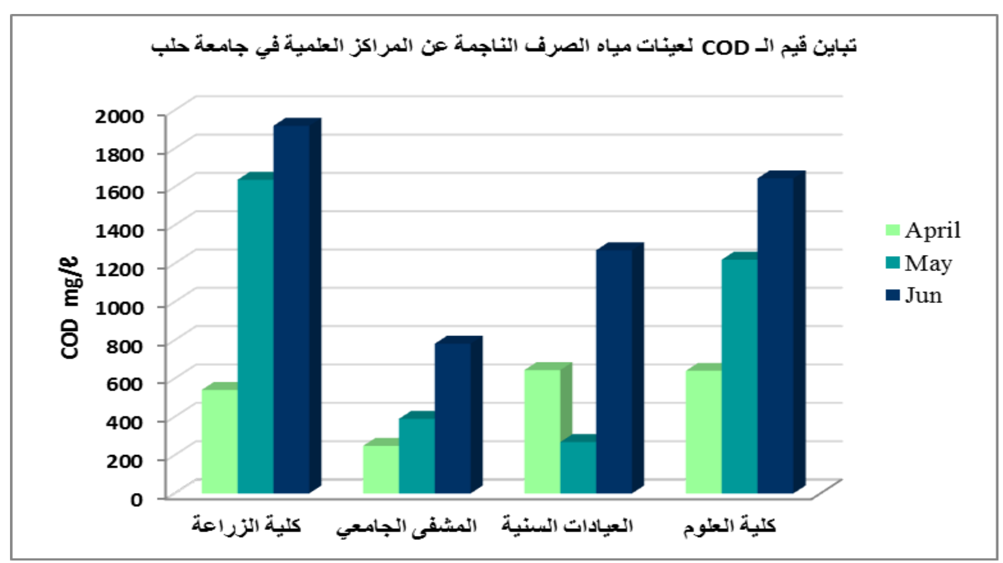
الشكل رقم (9): معدلات نسبة الصوديوم المدمص SAR في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية

6.1.4.مؤشرات التلوث العضوي الـCOD:

يستخدم اختبار الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية الـCOD لقياس نسبة المواد العضوية في مياه الصرف الناجمة عن مختلف النشاطات الاقتصادية والعلمية والطبية، والتي يصعب تفكيكها عن طريق البكتريا، ويتم بأكسدة المركبات العضوية والمختزلة في مياه الصرف بوساطة الديكرومات في وسط حمضي وبدرجة حرارة عالية. وبالنسبة لأنواع كثيرة من مياه الصرف فإنه من السهل الربط بين الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية والأكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية. وهذا يعتبر ذو فائدة لأن الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية يمكن تعيينه خلال 3 ساعات فقط بالمقارنة بالأكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية والذي يلزم لتقديره خمسة أيام. وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية يمكن استخدامها كمؤشر لكفاءة عمليات التشغيل والتحكم في محطات المعالجة.

تشير البيانات في الجدول (15) إلى أن أعلى قيمة للـCOD (2485 mg/ℓ) سجلت في مياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة في العينة الخامسة الممثلة لقراءات شهر حزيران. بينما كانت أقل قيمة لـ COD(110 mg/ℓ) في مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي(شهر نيسان). وتظهر البيانات أن أعلى معدل لقيم الـCOD سجلت في العينات الممثلة لشهر حزيران، وكان المعدل الأعلى في مياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة (1918 mg/ℓ). بينما كانت قيم المعدل الأقل للـCOD في مياه الصرف الممثلة لعينات شهر أيار وسجلت في عينات

المشفى الجامعي (248 mg/ℓ). وتشير البيانات إلى ارتفاع معدل قيم الـCOD بالانتقال من (الأشهر الأقل حرارة) كما هو في شهر نيسانإلى (الأشهر الأكثر حرارة) كما هو الحال عليه في شهر حزيران. وهذه النتيجة تتماشى مع ما توصل إليه العديد من الباحثين (Faurie et al.,1998; Hilal, 2000) التي تشير إلىالاختلافاتالموسميةفيتحاليلمياهالصرفالصحيوإلىأهميةمحطاتالمعالجةقبل إعادة استعمال مياه الصرف في ري مختلف النباتات.



الشكل رقم (10): معدل الاحتياج الكيميائي للأكسجين COD(mg/ℓ) لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة.

الجدول رقم (15): تركيز الأكسجين المستهلك في الأكسدة الكيميائية (COD) في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية.

تاريخ أخذ العينة	قيم الـCOD (mg/ℓ)			
	كلية العلوم	كلية الزراعة	العيادات السنية	المشفى الجامعي
1 April	346	245	230	265
8 April	110	586	855	355
15 April	245	228	240	165
22 April	1288	870	610	345
29 April	1210	770	1284	110
Average (April)	**639.8**	**539.8**	**643.8**	**248**
1 May	450	1645	360	170
8 May	478	1788	200	180
15 May	2245	1020	320	165
22 May	2285	1914	186	215
29 May	641	1815	273	1215
Average (May)	**1219.8**	**1636.4**	**267.8**	**389**
1 Jun	1642	1545	1480	1480
8 Jun	1745	2140	220	1395
15 Jun	1489	1860	1410	245
22 Jun	1856	1560	1494	346
29 Jun	1489	2485	1742	440
Average(Jun)	**1644.2**	**1918**	**1269.2**	**781.2**

بمقارنة النتائج التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة مع الحدود المسموح بها في مياه الصرف الناجمة عن النشاطات الاقتصادية المختلفة والصادرة عن هيئة المواصفات والمقاييس السورية (م.ق.س) رقم: 2008/2580، والتي تشير إلى أن قيم الـCODيجب أن لا تتجاوز الحد 1600mg/ℓ . يمكن أن نستنتج أن مياه الصرف الناجمة عن العينات المقطوفة خلال شهر حزيران في راكارات كلية الزراعة و كلية العلوم تكون غير مطابقة ويجب عدم قذفها في شبكة الصرف العامة، وذلك بسبب تجاوز قيم الـCOD الحدود المسموح بها. وبالمقابل أظهرت الدراسة أن مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي والعيادات السنية تكون مطابقة من حيث محتواها من المواد العضوية بناءً على معدل قيم الـ COD التي وصلت إلى 248 و389 و781.2mg/ℓ في العينات المقطوفة من راكار المشفى الجامعي خلال أشهر نيسان وأيار وحزيران على الترتيب. وبالرغم من ارتفاع معدل قيم الـCOD للعينات المقطوفة من راكار العيادات السنية (643.8 ، 267.8 ، 1269.2mg/ℓ في أشهر الدراسة على الترتيب) إلا أنها بقيت ضمن الحدود المسموح بها.

في الواقع، تتسبب الحمولات العضوية الموجودة في مياه الصرف وفي مياه المجاري في حدوثظاهرة تعرف باسم الإثراء الغذائي Eutrophication التي تعد من أهم الظواهر الطبيعيةالمحدثة للتلوث في المسطحات المائية الطبيعية، إذ يؤدي ارتفاع نسبة المواد العضويةفي الماء إلى زيادة في عمليات الأيض (التمثيل الغذائي) التي تقوم بها الطحالب ممايؤدي إلى تكاثرها، وتبعاً لذلك تنشط البكتيريا وتزيد من عمليات التحلل البيولوجيللطحالب مما يؤدي إلى تقليل نسبة الأوكسجين المذاب في الماء، فيؤدي إلى الهلاكالجماعي للأسماك والأحياء المائية الأخرى، وتعفن المياه وعدم صلاحيتها وانبعاث موادوروائح كريهة منها.

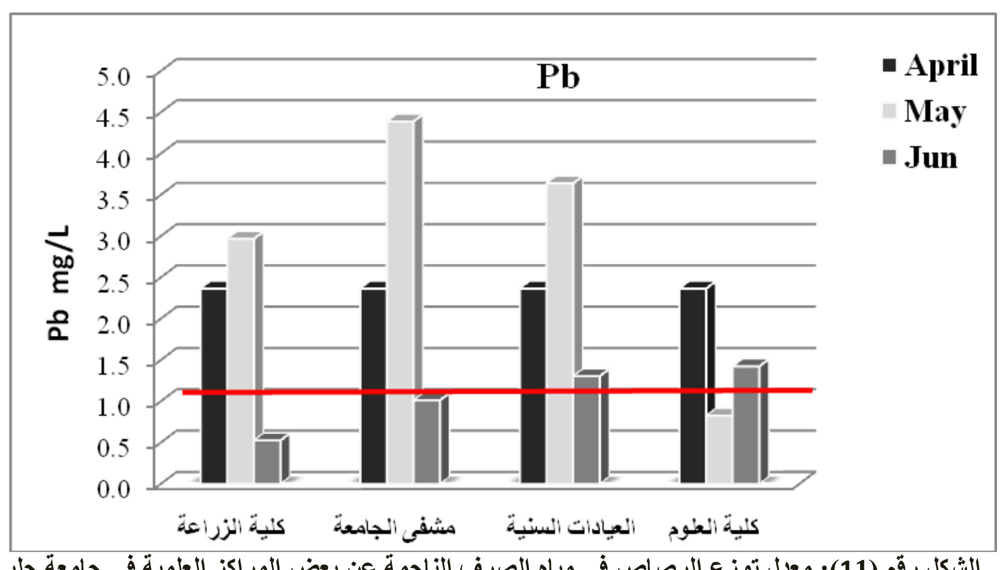
7.1.4. مؤشرات التلوث بالعناصر الثقيلة:

تشير البيانات الموضحة في الجدول (16) إلى وجود العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن النشاطات المخبرية المختلفة في المراكز العلمية الأربعة التي تم اختيارها في هذه الدراسة، بهدف تقييم نوعية مياه الصرف الناجمة عن المخابر في جامعة حلب من أجل تحديد مدى استدامة مياه الصرف لأغراض الري الزراعي.

الجدول رقم (16): معدل توزع العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية بجامعة حلب.

معدل توزع العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب (mg/ℓ)									الشهر	الموقع
Cd	**Cr**	**Cu**	**Pb**	**Ni**	**Zn**	**Fe**	**Mo**	**Mn**		
0.113	0.46	0.24	0.67	0.019	0.74	0.55	0.66	0.70	نيسان	كلية الزراعة
0.209	0.39	0.18	2.97	0.131	0.42	0.36	0.61	0.76	أيار	
0.121	0.55	0.16	0.53	0.067	0.30	0.85	0.78	0.92	حزيران	
0.148	**0.463**	**0.194**	**1.95**	**0.072**	**0.489**	**0.588**	**0.685**	**0.789**	**Average**	
0.124	0.47	0.37	1.54	0.015	0.48	0.27	0.63	0.63	نيسان	كلية العلوم
0.331	0.58	0.65	0.83	0.143	0.48	0.42	0.70	0.68	أيار	
0.112	0.46	0.16	1.42	0.042	0.38	0.54	0.80	0.84	حزيران	
0.189	**0.503**	**0.393**	**1.54**	**0.067**	**0.446**	**0.409**	**0.709**	**0.719**	**Average**	
0.114	0.40	0.25	0.45	0.020	0.66	0.52	0.68	0.74	نيسان	العيادات السنية
0.305	0.60	0.40	3.64	0.064	0.28	0.18	0.76	0.76	أيار	
0.123	0.69	0.16	1.31	0.250	0.44	0.56	0.72	0.89	حزيران	
0.181	**0.566**	**0.270**	**2.44**	**0.111**	**0.463**	**0.417**	**0.719**	**0.798**	**Average**	
0.327	0.59	0.22	2.37	0.091	0.53	0.37	0.67	0.73	نيسان	المشفى الجامعي
0.121	0.53	0.25	4.39	0.040	0.54	0.40	0.72	0.87	أيار	
0.277	0.74	0.16	1.01	0.120	0.27	0.23	0.69	0.78	حزيران	
0.242	**0.623**	**0.210**	**2.95**	**0.084**	**0.444**	**0.332**	**0.693**	**0.794**	**Average**	

تبين النتائج أن أعلى معدلات للعناصر الثقيلة المدروسة قد توزعت على المراكز العلمية الأربعة المدروسة دون استثناء. فقد أظهرت الدراسة أن أعلى معدل للزنك (0.74 mg/ℓ) والحديد (0.85 mg/ℓ) والمنغنيز (0.92 mg/ℓ) كانت في مياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة، وذلك في شهري نيسان وحزيران على التوالي، بينما كان أعلى معدل للكادميوم (0.33 mg/ℓ) والنحاس (0.65 mg/ℓ) والموليبدنيوم (0.80 mg/ℓ) في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم في شهري أيار وحزيران. بالمقابل كان أعلى معدل للرصاص (4.39 mg/ℓ) وللكروم (0.74 mg/ℓ) في مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي في شهري أيار وحزيران على التوالي. بينما كانت مياه الصرف الناجمة عن العيادات السنية هي الأكثر تلوثاً بالنيكل فقد وصل أعلىمعدل لتركيز عنصر النيكل (0.250mg/ℓ) في مياه الصرف الناجمة عن العيادات السنية في شهر حزيران. ويلاحظ من خلال الجدول (16) إن معظم المعدلات العالية لتركيز العناصر الثقيلة التي تم دراستها كانت تقع في شهر حزيران على وجه التحديد بالمقارنة مع شهري نيسان وأيار.

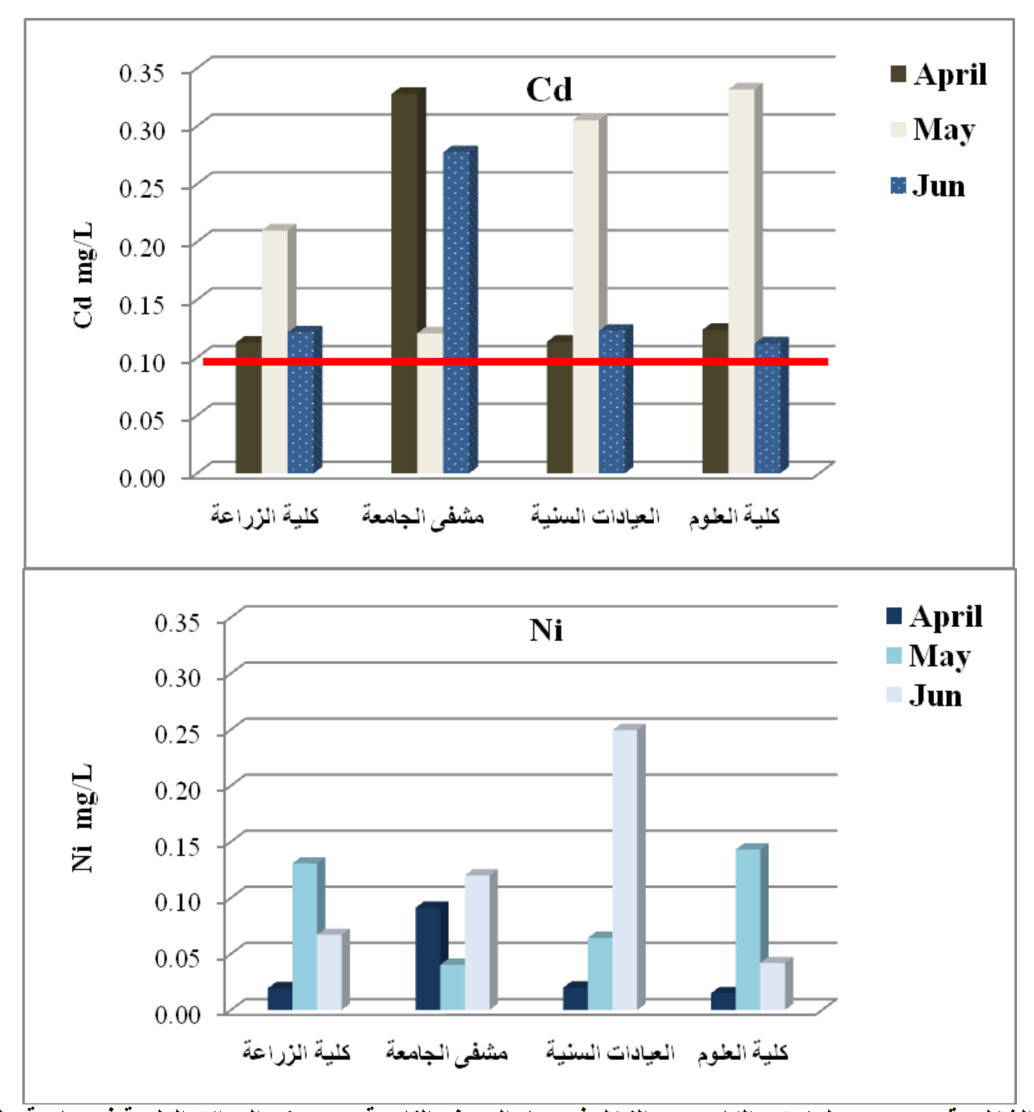


الشكل رقم (11): معدل توزع الرصاص في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب

يبين الشكل (11) معدل توزع الرصاص في عينات مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب، وتظهر النتائج أن اعلى معدل لوجود الرصاص (2.95 mg/ℓ) كان في عينات المياه المقطوفة من راكار المشفى الجامعي يليه عينات مياه الصرف الممثلة للعيادات السنية ثم كلية الزراعة وأخيراً كلية العلوم. وربما يعزى ذلك إلى أن النشاطات المخبرية في كلية الزراعة وفي كلية العلوم

ولابدمنالاشارةإلىأنمعدلوجودالرصاصفيعيناتمياهالصرفالناجمةعنالمراكزالعلميةالمدروسةيكونفي 75%منالعيناتالمدروسةأعلىمنالحدودالمسموحبهاحسبالمعاييرالتيوضعتهاهيئةالمواصفاتوالمقاييسالعربيةالسورية (م.ق.س: 2008/2580)،والتيلاتجيزقذفمياهالصرفالتيتحويرصاصبتركيزأعلىمن (1 mg/ℓ) إلىالشبكةالصرفالعامةبدونمعالجة.

يظهر الشكل (12) معدل توزع عنصري الكادميوم والنيكل في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب، وتشير البيانات إلى أن مياه الصرف الممثلة للمشفى الجامعي تكون الأكثر تلوثاً بالكادميوم، حيث بلغ معدل تركيز الكادميوم نحو (0.242 mg/ℓ) تليها مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم (0.189 mg/ℓ) فالعيادات السنية (0.181 mg/ℓ) وأخيراً كلية الزراعة (0.148 mg/ℓ). وفي هذا السياق لابد من الإشارة إلى أن مياه الصرف المقطوفة من جميع المراكز العلمية التي شملتها الدراسة يرتفع فيها تركيز الكادميوم إلى مستويات تفوق الحدود المسموح بها حسب المعايير التي وضعتها هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (م.ق.س: 2008/2580). والتي تضمنت أن التركيز المسموح به للكادميوم في مياه الصرف الناجمة عن مختلف النشاطات الصناعية والتجارية والاقتصادية والعلمية أن لا يزيد عن (0.1 mg/ℓ).

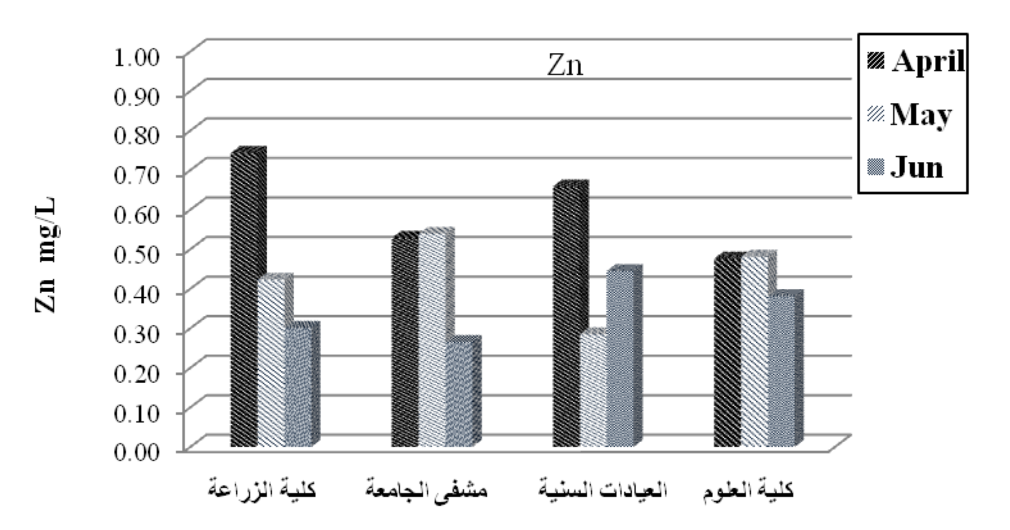


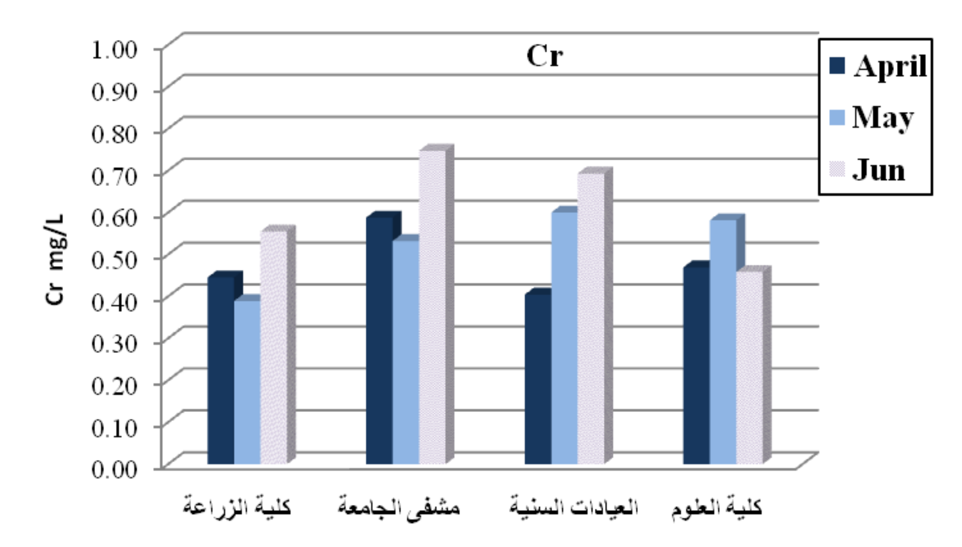
الشكل رقم (12): معدل توزع الكادميوم والنيكل في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب

بالمقابل كان أعلى معدل للنيكل (0.111 mg/ℓ) في مياه الصرف الناجمة عن العيادات السنية ثم في مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي (0.084 mg/ℓ) فكلية الزراعة (0.072 mg/ℓ) وأخيراً كلية العلوم (0.067 mg/ℓ). وجدير بالذكر أن تركيز النيكل في المراكز الأربعة المدروسة كان ضمن الحدود المسموح بها حسب المعايير الصادرة من هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (م.ق.س: 2008/2580). التي حددت تركيز النيكل بـ (2 mg/ℓ) .

يوضح الشكل (13) معدل توزع الزنك والكروم في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية الأربعة التي تضمنتها هذه الدراسة. وتشير الدراسة إلى أن مياه الصرف الناجمة من كلية الزراعة أكثر احتواءً على الزنك بالمقارنة مع المراكز الأخرى، فقد بلغمعدل تركيز الزنك في كلية الزراعة نحو (0.489 mg/ℓ) وكان أعلى معدل لتركيز الزنك في شهر نيسان (0.744 mg/ℓ).بينما كانت مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي الأقل معدلاً في تركيز الزنك (0.444 mg/ℓ). وأظهرت الدراسة أن سلوك الكروم كان مغايراً لسلوك الزنك في توزعه الجغرافي في مياه الصرف

الناجمة عن المراكز العلمية، فقد كان الكروم الأكثر وجوداً في مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي، حيث وصل معدل لتركيز الكروم في المشفى الجامعي نحو (0.623 mg/ℓ)، وكان أعلى معدل له في شهر حزيران (0.744 mg/ℓ). بينماانخفض الى أدنى معدل (0.463 mg/ℓ) في مياه الصرف الناجمة عن كلية الزراعة. ووفق هيئة المواصفات والمقاييس العربية السورية (م.ق.س: 2008/2580) فأن كل العينات المدروسة والمقطوفة من جميع الراكارات الممثلة للمراكز العلمية الأربعة يكون تركيز كل من الزنك والكروم ضمن الحدود المسموح بها.

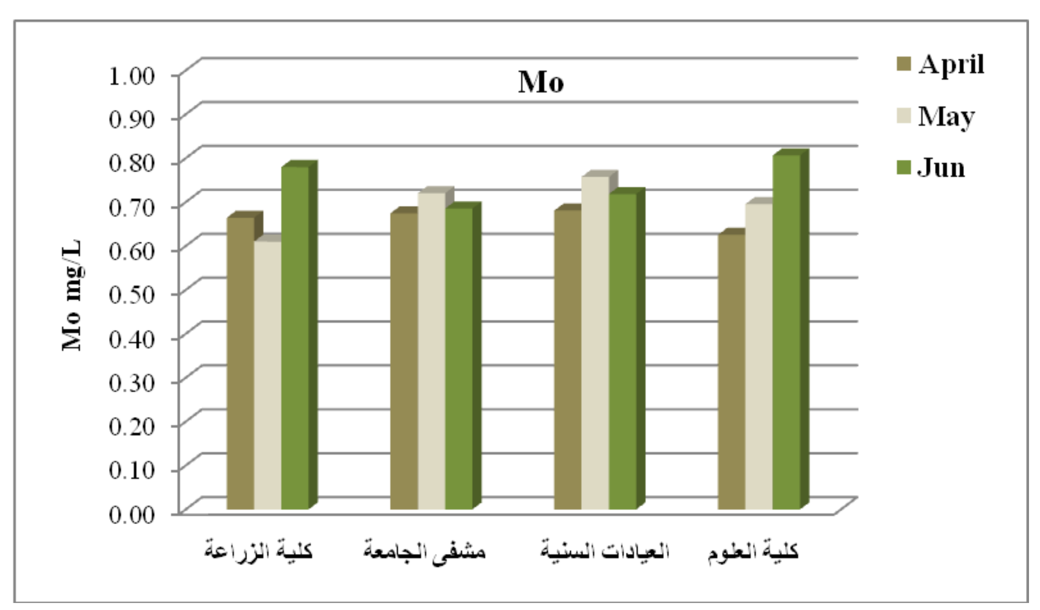




الشكل رقم (13): معدل توزع الزنك والكروم في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب

من جهة أخرى أوضحت الدراسة أن توزع الموليبديوم في مياه الصرف الناجمة عن المراكز الأربعة كانت متقاربة جداً كما هو موضح في الشكل (14)، وكان أعلى معدل لتركيز الموليبديوم في العيادات السنية (0.719mg/ℓ) أما في باقي المراكز فكان تركيز الموليبديوم (0.709 mg/ℓ) و(0.693 mg/ℓ) و(0.685 mg/ℓ)،وذلك في كلية العلوم والمشفى الجامعي وكلية الزراعة، على الترتيب. وبناءً على المواصفة رقم /2752/ الخاصة بمياه

الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الري، والصادرة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية لعام(2003). والتي تحدد تركيز المولبيديوم في المجال (0.01 – 0.05 mg/ℓ) وذلك للري على المدى القصير للتركيز الأعلى وللري على المدى الطويل للتركيز الأقل.فإن مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية في جامعة حلب تعد غير صالحة لأغراض الري الزراعي سواءً على المدى القصير أو الري على المدى الطويل في وضعها الحالي، ولا بد من اخضاعها لمعالجة تساهم في تخفيض تركيز المولبيديوم.



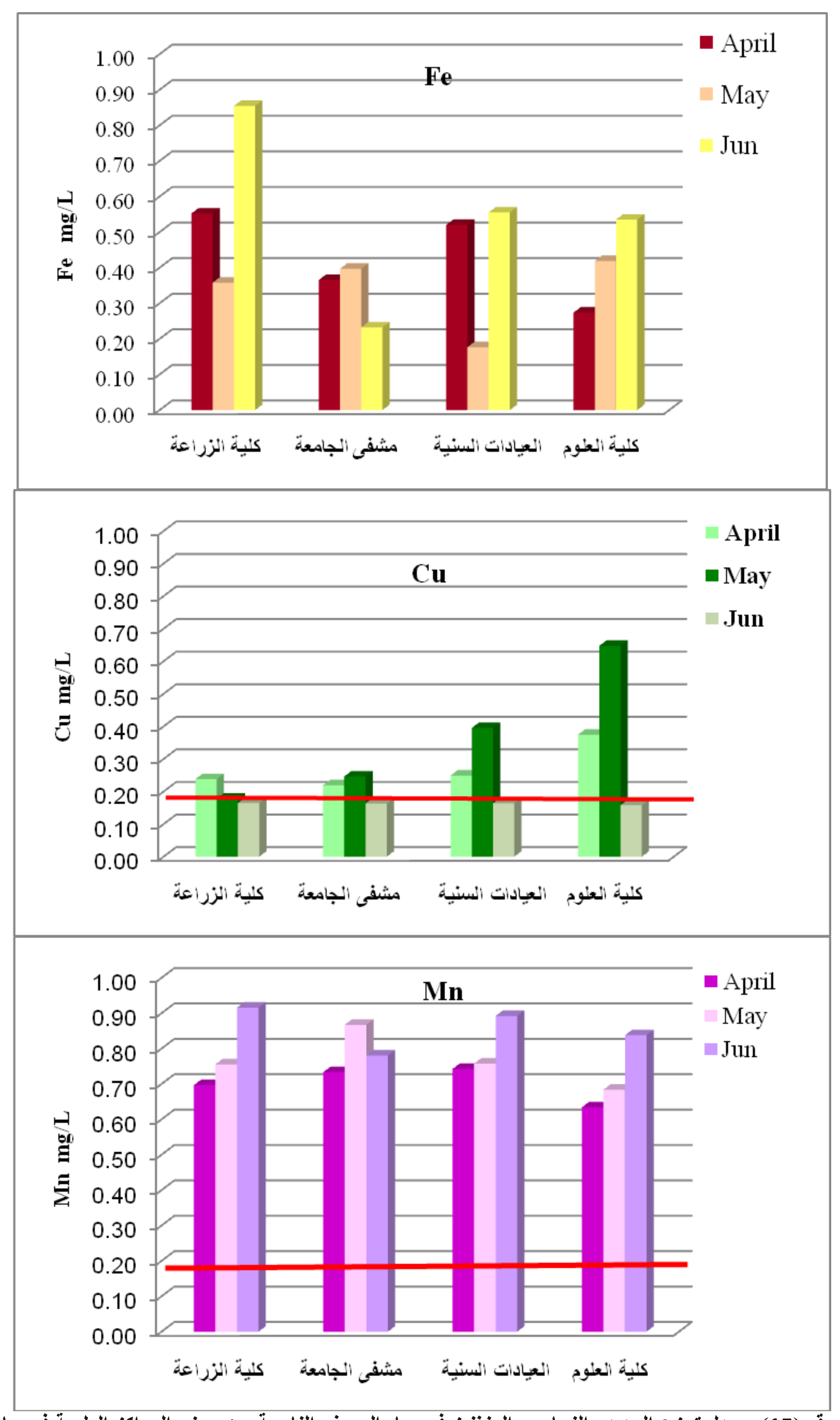
الشكل رقم (14): معدل توزع المولبيدنيومفي مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب

أما بالنسبة لتوزع الحديد والنحاس والمنغنيز ، يظهر الشكل (15) توزع هذه العناصر الثلاث في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية التي شملتها هذه الدراسة. وتشير البيانات إلى أن كلية الزراعة الأكثر احتواءً على الحديد حيث بلغ معدل تركيز الحديد نحو (0.588 mg/ℓ)، بينما كانت كلية العلوم الأكثر غناً بالنحاس حيث وصل معدل تركيز النحاس في مياه الصرف الناجمة عن كلية العلوم نحو (0.393 mg/ℓ). أما بالنسبة للمنغنيز فكانت مياه الصرف الناجم عن العيادات السنية هي الأكثر احتواءً فقد وصل معدل تركيز المنغنيز إلى نحو (0.798 mg/ ℓ).

بمقارنة تركيز العناصر الثقيلة (Fe, Cu, Mn) في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية الأربعة المدروسة مع الحدود المسموح بها وفق هيئة المواصفات والمقاييس السورية رقم /2752/ لعام 2003 والتي تحدد تركيز الحديد يقع في المجال (5 –20 mg/ℓ) للري على المدى القصير وعلى المدى الطويل على الترتيب. والنحاس في المجال (0.2 – 5 mg/ℓ)والمنغنيز في المجال (0.2 – 10 mg/ℓ) للري على المدى القصير وعلى المدى الطويل على الترتيب. فانه بالنسبة للحديد لا يوجد أية مشاكل في استخدام مياه الصرف لأغراض الري الزراعي سواءً على المدى القصير أو على المدى الطويل.

أم بالنسبة للنحاس والمنغنيز فهناك قيود محدودة بالنسبة لتركيز عنصر النحاس، حيث حوالي 50% من العينات الممثلة لمياه الصرف في المراكز الأربعة المدروسة يزيد فيها تركيز النحاس عن (0.2 mg/ℓ)،وبالتالي هذه العينات لا يمكن استخدامها في الري الزراعي على المدى الطويل دون معالجة. وخاصة العينات الممثلة للعيادات السنية وكلية العلوم. أما بالنسبة للمنغنيز فإن جميع العينات الممثلة للمراكز الأربعة المدروسة يكون فيها تركيز المنغنيز يفوق الحد المسموح به لاستخدام مياه الصرف في الري الزراعي على المدى الطويل، ولكن يمكن أن تستخدم لأغراض الري على المدى القصير.وربما يعود سبب وجود الكميات العالية من المنغنيز إلى الاستخدام المكثف من قبل هذه المراكز العلمية للمركبات الحاملة للمنغنيز كما هو الحال في كلية الزراعة التي يستخدم فيها مركبات البرمنغناتبدرجة كبيرة. ولا بد من الإشارة إلى أن هذه النتائج التي تم من خلالها تقييم مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية تتفق مع المعايير التي وضعت من قبل (Metcalf and Eddy, 2007).

بناءً على ما تقدم فإن مقارنة البيانات التي تم التوصل إليها مع الحدود القصوى المسموح بها للمعايير القياسية الخاصة بالمياه المعالجة لأغراض الري والمستخدمة على المدى القصير أو المدى الطويل حسب (Metcalf and Eddy, 2007)فإن هذه الدراسة أظهرت وجود تلوث واضح في معظم العينات المقطوفة من الراكارات الممثلة للمراكز العلمية المدروسة بكلٍ من العناصر الثقيلة الآتية: الكادميوم والرصاص والموليبديوم والمنغنيز، بينما كان تركيز العناصر الثقيلة لكلٍ من الكروم والنحاس والنيكل والزنك ضمن الحدود المسموح بها. وقد قام (Metcalf and Eddy, 2007) بوضع حدود للتفريق بين الري على المدى القصير (20 سنة كحد أقصى) أو الري على المدى الطويل (> 20 سنة). وبناءً على ذلك فقد أظهرت الدراسة أنه لا يمكن استخدام هذه المياه في الري لا على المدى الطويل ولا على المدى القصير دون القيام بتخفيض تركيزها عن طريق المعالجة، نتيجة احتوائها على تركيز عالي من الكادميوم والموليبديوم يفوق الحدود التي وضعت من قبل (Metcalf and Eddy, 2007). بينما يمكن استخدامها فقط لأغراض الري على المدى القصير بالنسبة لمعدلات تركيز كل من المنغنيز والنحاس.



الشكل رقم (15): معدل توزع الحديد والنحاس والمنغنيز في مياه الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية في جامعة حلب

2.4. دراسة مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب:

للوقوف على تأثير مخلفات مخابر جامعة حلب في استدامة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة، لا بد من مقارنتها مع مياه الصرف العامة الناتجة عن النشاطات المختلفة لمدينة حلب، وذلكللتعرف على بعض الخصائص الكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي في الشبكة العامة لمدينة حلب. وهذا الأمر قاد البحث باتجاه تحديد المكان الجغرافي الأمثل لإجراء عملية المقارنة بين مياه الصرف الناجمة عن المخابر العلمية في بعض المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب ، وبين نوعية مياه الصرف الصحي في الشبكة العامة لمدينة حلب. فكان مدخل حوض الرمل في محطة المعالجة كموقع مثالي ممثل لنوعية المياه الموجودة في الشبكة العامة للصرف الصحي لمدينة حلب، وهذا الأمر فتح الباب أمام هذه الدراسة للتعرف على كفاءة محطة المعالجة.

وبناءً على ذلك أخذت عينات من مخرج المحطة وتم حساب معامل الازالة RI (Removal Index)من خلال العلاقة الآتية:

$$RI = \frac{Ave.Element\ Conc.(Input) - \ Ave.Element\ \mathbf{Conc}(output)}{Ave.Element\ Conc.(Input)} \times 100$$

وفيما يلي وصفاً تفصيلياً لأهم الخصائص الكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي في مدخل ومخرج محطة المعالجة في الشيخ سعيد:

1.2.4. تغيرات الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب:

يبين الجدول رقم (17) نتائج بعض التحاليل الكيميائية والبيولوجية الخاصة بالعينات الممثلة لمدخل المحطة والعينات الممثلة لمخرج المحطة لعام 2011. وتشير النتائج إلى أن قيم الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي الممثلة للشبكة العامة عند مدخل محطة المعالجة قد تقاربت بشكل كبير خلال أشهر السنة، فقد بلغت أعلى قيمة للرقم الهيدروجيني (7.69) وذلك في القراءة الأولى لشهر أذار (.Mar)، بينما كانت أقل قيمة (7.38) وقد سجلت في القراءة الأولى أيضاً ولكن لشهر تشرين الثاني (.Nov) من عام 2011. وكان أعلى معدل للرقم الهيدروجيني (7.64) قد سجل خلال شهر نيسان (.Apr). وكان أقل معدل للرقم الهيدروجيني (7.45) وقد سجل في العينات الممثلة لشهر تموز (.Jul). أن تقارب قيم الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الصحي في الشبكة العامة لمدينة حلب في العينات التي تم دراستها خلال فترة الدراسة دليل على أن هناك فعل تنظيمي يحدث نتيجة امتزاج مياه الصرف ذات المصادر المتعددة والمتنوعة بخواصهاالكيميائية.

بمقارنة معدلات قيم الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الممثلة للشبكة العامة مع معدلات قيم الرقم الهيدروجيني للعينات الممثلة لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية في جامعة حلب والموضحة في الشكل (5) والجدول رقم (11)، نجد أن هناك تفاوتاً كبيراً بين بيانات المراكز العلمية ومياه الشبكة العامة حيث لم تتجاوز

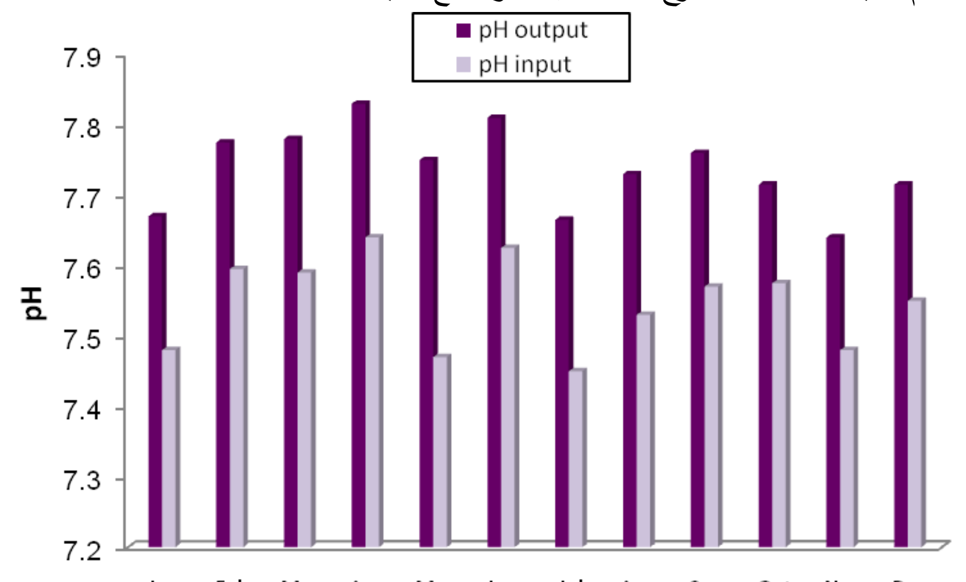
معدلات الرقم الهيدروجيني لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية في شهر نيسان 7 ، باستثناء مياه الصرف الناجمة عن المشفى الجامعي التي وصلت إلى 7.55.

الجدول (17): قيم الـBOD والـCOD وبعض المؤشرات الكيميائية لعينات مدخل ومخرج محطة المعالجة لعام 2011

الشهر	العينة	مدخل المحطة (Input)				مخرج المحطة (Output)			
		pH	EC	BOD	COD	pH	EC	BOD	COD
			µS/cm	mg/ℓ	mg/ℓ		µS/cm	mg/ℓ	mg/ℓ
Jan	1	7.55	1573	100	188	7.64	1565	105	150
	2	7.41	1543	140	224	7.7	1601	80	125
Average		**7.48**	**1558**	**120**	**206**	**7.67**	**1583**	**92.5**	**137.5**
Feb	1	7.61	1300	100	190	7.78	1609	125	166
	2	7.58	1463	165	255	7.77	1631	135	184
Average		**7.60**	**1381.5**	**132.5**	**222.5**	**7.78**	**1620**	**130**	**175**
Mar	1	7.69	1621	175	280	7.74	1653	110	170
	2	7.49	1595	150	264	7.82	1626	80	136
Average		**7.59**	**1608**	**162.5**	**272**	**7.78**	**1639.5**	**95**	**153**
Apr	1	7.65	1591	110	210	7.86	1627	40	65
	2	7.63	1648	95	200	7.80	1692	80	125
Average		**7.64**	**1619.5**	**102.5**	**205**	**7.83**	**1659.5**	**60**	**95**
May	1	7.43	1567	55	99	7.71	1683	210	250
	2	7.51	1349	105	180	7.79	1685	240	265
Average		**7.47**	**1458**	**80**	**139.5**	**7.75**	**1684**	**225**	**257.5**
Jun	1	7.60	1516	245	580	7.76	1634	182	380
	2	7.65	1611	285	610	7.86	1627	210	400
Average		**7.63**	**1563.5**	**265**	**595**	**7.81**	**1630.5**	**196**	**390**
Jul	1	7.46	1606	310	720	7.68	1656	232	470
	2	7.44	1697	330	754	7.65	1689	248	490
Average		**7.45**	**1651.5**	**320**	**737**	**7.67**	**1672.5**	**240**	**480**
Aug	1	7.40	1601	285	650	7.70	1667	214	425
	2	7.66	1365	290	410	7.76	1669	220	260
Average		**7.53**	**1483**	**287.5**	**530**	**7.73**	**1668**	**217**	**342.5**
Sep	1	7.55	1589	280	380	7.78	1666	210	248
	2	7.59	1632	320	424	7.74	1640	130	253
Average		**7.57**	**1610.5**	**300**	**402**	**7.76**	**1653**	**170**	**250.5**
Oct	1	7.51	1694	250	380	7.70	1690	140	225
	2	7.64	1643	400	652	7.73	1667	155	284
Average		**7.58**	**1668.5**	**325**	**516**	**7.715**	**1678.5**	**147.5**	**254.5**
Nov	1	7.38	1535	460	680	7.59	1687	230.00	352
	2	7.58	1364	485	720	7.69	1680	180.00	290
Average		**7.48**	**1449.5**	**472.5**	**700**	**7.64**	**1683.5**	**205**	**321**
Dec	1	7.59	1562	300	420	7.70	1651	60.00	90
	2	7.51	1596	500	832	7.73	1660	55.00	88
Average		**7.55**	**1579**	**400**	**626**	**7.715**	**1655.5**	**57.5**	**89**

بالمقابل أظهرت البيانات أن تأثير حوض الرمل على قيم الرقم الهيدروجيني كان ملحوظاً ، فقد تراوحت معدلات قيم الرقم الهيدروجيني لعينات مياه الصرف الممثلة لمخرج المحطة بين القيمتين (7.59 – 7.86) . وهذا يعني أن هناك ارتفاعاً واضحاً في قيم الرقم الهيدروجيني بين عينات مدخل المحطة وعينات مخرج المحطة، كما هو موضح في الشكل (16)، وهذا الارتفاع لم يتجاوز (0.27) درجة. وربما يفسر هذا الارتفاع نتيجة ارتفاع تركيز القواعد الأرضية والأرضية القلوية في مياه الصرف للعينات الممثلة لمخرج المحطة. وهذا ما أثبتته نتائج قياس

الناقلية الكهربائية EC للعينات الممثلة لمدخل المحطة ومخرج المحطة. حيث أثبتت الدراسة ارتفاع قيم الناقلية الكهربائية في معظم العينات الممثلة لمخرج المحطة بالمقارنة مع العينات الممثلة لمدخل المحطة.

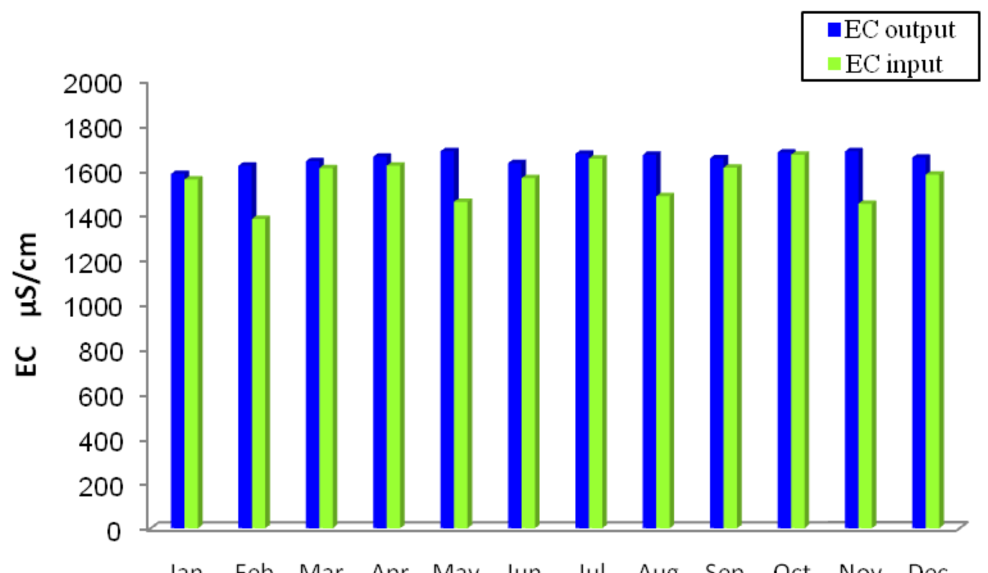


الشكل رقم (16): تباين معدل قيم الرقم الهيدروجيني لعينات الصرف الصحي لمدخل ومخرج محطة المعالجة في الشيخ سعيد

2.2.4. تأثير محطة المعالجة في قيم الناقلية الكهربائية لمياه الصرف الصحي:

أظهرت الدراسة أن قيم الناقلية الكهربائية(EC) لعينات مياه الصرف الممثلة لمدخل محطة المعالجة قد تراوحت بين القيميتين (1697–1300 µS/cm)وذلك في العينات المقطوفة في القراءة الأولى من شهري شباط وتموزعلى التوالي. وربما هذه القيم تتناسب مع توزع الهطل المطري خلال العام، حيث يبلغ الهطل المطري في شهر شباط لمدينة حلب معدلاته القريبة من معدلات الهطل المطري خلال السنة مما يؤثر في تخفيض قيم الناقلية الكهربائية إلى حدودها الدنيا. وقد أوضحت البيانات أن أعلى معدل لقيم الناقلية الكهربائية (1668.5 µS/cm) لمياه الصرف الممثلة لمدخل المحطة قد سجلت خلال شهر تشرين الأول (اكتوبر)، بينما كان أقل معدل لقيم الناقلية الكهربائية (1381.5 µS/cm) في شهر شباط (فبراير). أما قيم الناقلية الكهربائية للعينات الممثلة لمخرج المحطة فقد تراوحت بين القيميتين (1692 – 1565 µS/cm)وذلك في العينات المقطوفة خلال شهري كانون الثاني ونيسان. وكان أعلى معدل للعينات الممثلة لمخرج المحطة (1684 µS/cm)وسجلت في شهر أيار (مايو) لعام 2011. بينما كان أقل معدل للناقلية الكهربائية (1583 µS/cm)وسجل في شهر كانون الثاني. ويلاحظ من البيانات أن هناك ارتفعاً واضحاً في قيم الناقلية الكهربائية بين العينات الممثلة لمخرج المحطة بالمقارنة مع العينات الممثلة لمدخل المحطة، وهذا ما أكده التمثيل البياني الموضح في الشكل رقم (17) الذي يبين التباين بين معدلات الناقلية الكهربائية للعينات الممثلة لمياه الصرف المقطوفة من مدخل ومخرج المحطة خلال فترة الدراسة الممتدة من الشهر الأول لغاية الشهر الثاني عشر لعام 2011. ويمكن أن يفسر هذا الارتفاع في قيم الناقلية الكهربائية من خلال زيادة المواد المنحلة

نتيجة ذوبان كميات إضافية من الأملاح الذوابة والتي تكون مترسبة في قاع أحواض الأكسدة وأحواض التجميع مع المواد الصلبة الأخرى في محطة المعالجة.



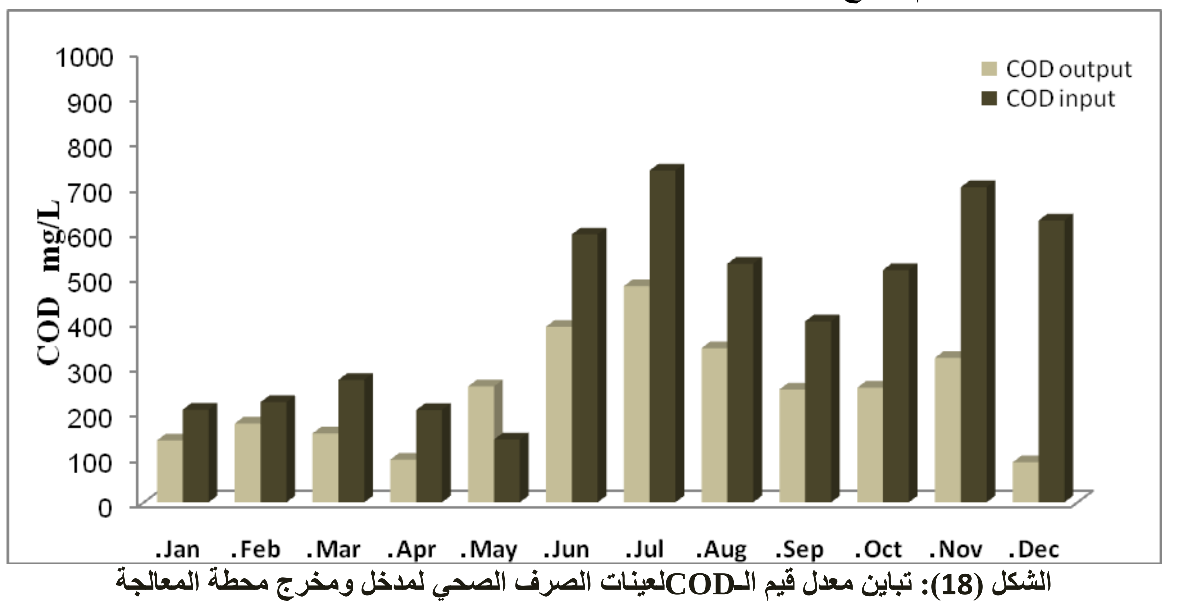
الشكل (17): تباين معدل قيم الناقلية الكهربائية (EC) لعينات الصرف الصحي لمدخل ومخرج محطة المعالجة

بمقارنة بيانات الناقلية الكهربائية لعينات مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية في جامعة حلب ومثيلاتها الممثلة لعينات الصرف الصحي في الشبكة العامة لمدينة حلب (مدخل المحطة)، أظهرت الدراسة أن قيم الناقلية الكهربائية ارتفعت بشكل ملحوظ في العينات الممثلة لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية خلال أشهر الدراسة بالمقارنة مع مثيلاتها في العينات الممثلة لمدخل المحطة في نفس الفترة الزمنية، حيث ارتفعت معدلات الناقلية الكهربائية (EC) لمياه الصرف الممثلة للمراكز العلمية الأربعة إلى مستويات عالية جداً خلال أشهر الدراسة وصلت إلى نحو (1797و3311 و8338µS/cm) خلال أشهر نيسان وايار وحزيران على التوالي.

3.2.4. قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) لمياه الصرف الصحي:

تشير البيانات الموضحة في الجدول (17) إلى أن قيم الأكسجين الكيميائي المستهلك للعينات الممثلة لمياه الصرف المقطوفة من مدخل المحطة قد تراوحت بين القيميتين (99 – 832 ملغ/لتر)، وذلك في شهري أيار (مايو) وكانون الأول (ديسمبر)، على التوالي. وقد كان أعلى معدل لقيم الـCOD (737 ملغ/لتر) قد سجل في عينات شهر تموز ، بينما كان أقل معدل (139.5 ملغ/لتر) قد سجل في شهر أيار،كما هو موضح في الشكل (22). أما بالنسبة لقيم الـCOD لعينات مياه الصرف المعالجة (الخارجة من المحطة) فقد تراوحت بين القيميتين (65 – 490 ملغ/لتر) وذلك في العينات المقطوفة خلال شهري نيسان وتموز على التوالي. وقد كان أعلى معدل (480 ملغ/لتر) في شهر تموز، بينما أنخفض أقل معدل لقيم الـCOD في عينات مياه الصرف الخارجة من المحطة إلى نحو (95 ملغ/لتر) وذلك في العينات الممثلة لشهر نيسان ، كما هو موضح في الشكل (18). وتشير البيانات إلى ارتفاع معدل قيم

الأكسجين الكيميائي المستهلك (COD) في أشهر الصيف (حزيران وتموز وآب) بالمقارنة مع بقية أشهر السنة، وهذا نتيجة منطقية حيث بارتفاع درجات الحرارة تزداد نسبة الحمولات العضوية في مياه الصرف نتيجة وجود العديد من البكتريا الضارة للإنسان والحيوان. جدير في هذا السياق، أن نشير إلى أن قيم الـCOD لعينات مدخل المحطة في شهر أيار كانت أقل من قيم مخرج المحطة.

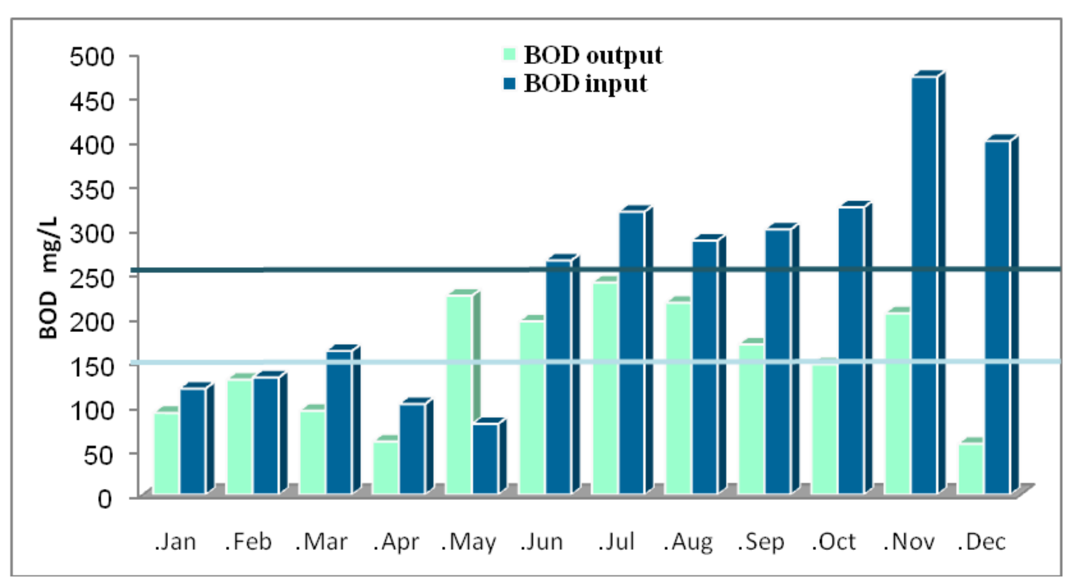


الشكل (18): تباين معدل قيم الـCODلعينات الصرف الصحي لمدخل ومخرج محطة المعالجة

4.2.4. قيم الأكسجين الحيوي المستهلك (BOD) لمياه الصرف الصحي:

تشير البيانات في الجدول (17) إلى أن قيم الـ BOD لعينات مياه الصرف الممثلة لمدخل محطة المعالجة (BOD_{input}) قد تراوحت بين القيميتين (55 – 500 mg/ℓ) حيث سجلت القيمة العظمى في شهر كانون الأول (ديسمبر) بينما سجلت القيمة الصغرى في شهر أيار (مايو). وبلغ معدل قيم الـBOD لمياه الصرف المقذوفة في الشبكة العامة عند مدخل المحطة نحو (254 mg/ℓ).

أما قيم الـ BOD الممثلة لعينات مخرج المحطة والتي رمز لها بالرمز (BOD_{output}) فقد أوضحت نتائج التحليل أن أعلى قيمة للـ BOD (248 mg/ℓ) كانت قد سجلت في شهر تموز بينما كانت أقل قيمة (40 mg/ℓ) في شهر نيسان (ابريل). وكان متوسط قيم الـBOD لعينات مياه الصرف الممثلة لمخرج محطة المعالجة لعام 2011 نحو (153 mg/ℓ). وهذا يعني هناك انخفاض كبير في قيم الـ BOD بالمقارنة مع العينات الممثلة لمدخل المحطة، أي قبل مرورها على حوض الرمل في محطة المعالجة، وهذا ما يوضحه الشكل (19). وبشكل عام فأن قيم الـ BODللمياه العادمة التي شملتها هذه الدراسة كانت ضمن الحدود المسموح فيها، حيث تشير الكثير من المراجع إلى أن قيم الـBOD للمياه تتراوحفي مياه الصرف للنشاطات المختلفة داخل المدن بين 150 و300 ملغ /ل.



الشكل (19) تغيرات قيم الـ BOD للعينات الممثلة لمدخلومخرج محطة الصرف في الشيخ سعيد

في الواقع،تتناسب قيمة BOD_5 طرداً مع كمية المواد العضوية المنحلة في المياه الملوثة، وهكذا نجد كلما زادت قيمة BOD_5 للعينات المائية دلَ ذلك على ازدياد درجة تلوثها بالمواد العضوية. وبناءً على ذلك فالمخطط يبين أن مياه الصرف تكون أكثر تلوثاً في أشهر الصيف والخريف بالمقارنة مع أشهر الربيع والشتاء. والجدول رقم (18) يبين قيم معامل الازالة RI (Removal Index) ونسبة (COD/BOD)والقيم العظمى والصغرىلهذه البارامترات في مياه الصرف المدروسة عند مدخل المحطة ومخرج المحطة.

ويبين الجدول (18) أن معامل الإزالة RI بالنسبة لقيم الأكسجين الحيوي المستهلك BOD_5 قد تراوح بين القيميتين (15.91% – 89%) حيث كان معامل الازالة الأدنى خلال شهر نيسان، بينما كان معامل الازالة الأعلى خلال شهر كانون الأول. وكان معدل معامل الازالة نحو 42.34% خلال عام 2011. كما هو موضح في الشكل (20). وتشير البيانات إلى غياب القيم الممثلة لشهر أيار وذلك بسبب أن قيم الـBOD للعينات الممثلة لمدخل المحطة سلكت السلوك نفسه عند قياس الـCOD، حيث كانت قيم مدخل المحطة أقل من عينات مخرج المحطة. وهذا ما تمت الإشارة إليه عند مناقشة تغيرات قيم الـCOD.

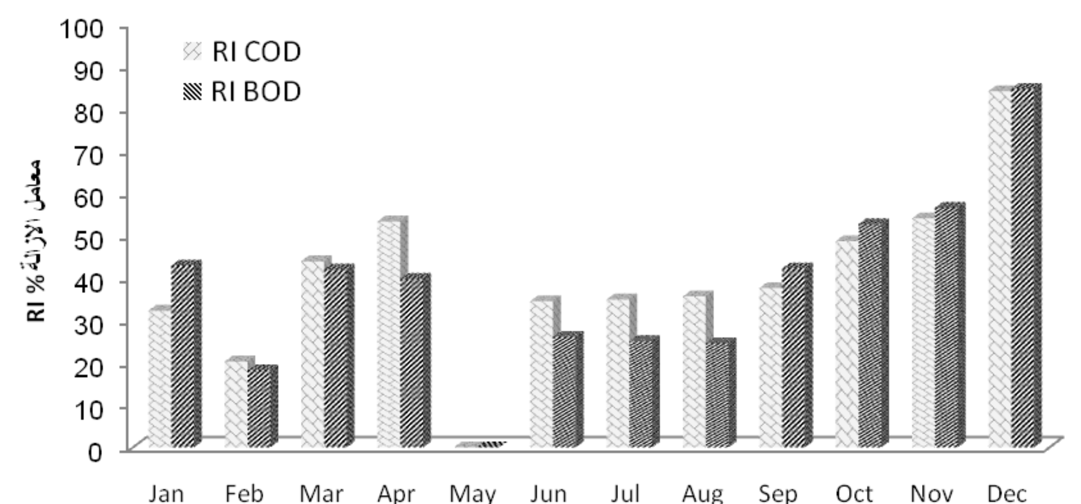
الجدول رقم (18): يبين قيم النسبة $\left(\frac{COD}{BOD5}\right)$ و معامل الازالة (RI) في عينات محطة المعالجة في الشيخ سعيد.

الشهر	COD (mg/ℓ)			BOD (mg/ℓ)			COD/BOD	
	مدخل المحطة	مخرج المحطة	معامل الازالة	مدخل المحطة	مخرج المحطة	معامل الازالة	المدخل	المخرج
Jan.	188	150	20.21	100	105	§	1.88	1.43
	224	125	44.20	140	80	42.86	1.60	1.56
Feb.	190	166	12.63	100	125	§	1.90	1.33
	255	184	27.84	165	135	18.18	1.55	1.36
Mar.	280	170	39.29	175	110	37.14	1.60	1.55
	264	136	48.48	150	80	46.67	1.76	1.70
Apr.	210	65	69.05	110	40	63.64	1.91	1.63
	200	125	37.50	95	80	15.79	2.11	1.56
May.	99	250	§	55	210	§	1.80	1.19
	180	265	§	105	240	§	1.71	1.10
Jun.	580	380	34.48	245	182	25.71	2.37	2.09
	610	400	34.43	285	210	26.32	2.14	1.90
Jul.	720	470	34.72	310	232	25.16	2.32	2.03
	754	490	35.01	330	248	24.85	2.28	1.98
Aug.	650	425	34.62	285	214	24.91	2.28	1.99
	410	260	36.59	290	220	24.14	1.41	1.18
Sep.	380	248	34.74	280	210	25.00	1.36	1.18
	424	253	40.33	320	130	59.38	1.33	1.95
Oct.	380	225	40.79	250	140	44.00	1.52	1.61
	652	284	56.44	400	155	61.25	1.63	1.83
Nov.	680	352	48.24	460	230	50.00	1.48	1.53
	720	290	59.72	485	180	62.89	1.48	1.61
Dec.	420	90	78.57	300	60	80.00	1.40	1.50
	832	88	89.42	500	55	89.00	1.66	1.60
Min.	**99.00**	**65.00**	**12.63**	**55.00**	**40.00**	**15.79**	1.33	1.10
Max.	**832.00**	**490.00**	**89.42**	**500.00**	**248.00**	**89.00**	2.37	2.09
Average	**439.74**	**245.46**	**43.51**	**253.70**	**152.96**	**42.34**	1.76	1.67

§: قيمة المدخل أقل من قيمة المخرج.

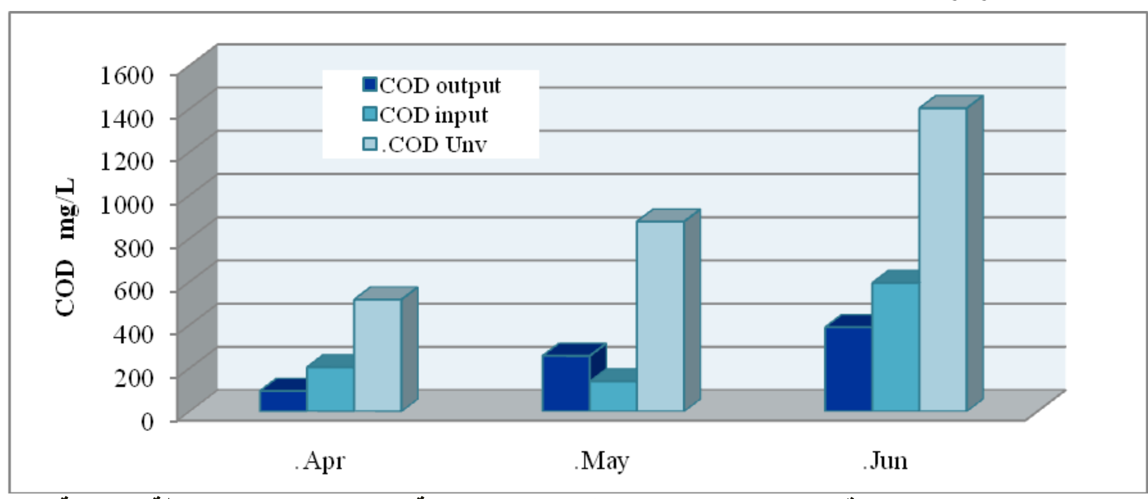
يظهر الشكل (20) تقارب واضح بين معامل الإزالة لكل من الـCOD والـBOD في محطة المعالجة في الشيخ سعيد خلال أشهر السنة حيث بلغ معامل الإزالة 43.51 % –42.34) على الترتيب. وأظهرت النتائج أن أعلى معدل إزالة كان في شهر كانون الأول (ديسمبر)، بينما كان أقل معدل إزالة في شهر شباط (فبراير). إن مياه الأمطارتساهم في تحسين كفاءة عمل محطة المعالجة من خلال مساهمتها في تحميل المياه الملوثة حمولات من المياه النقية الخالية من الملوثات، وهذا ما يوضحه الشكل (20) حيث يبدأ معامل الإزالة بالارتفاع ابتداءً من بداية موسم الأمطار في شهر ايلول. ومن الملاحظ من الجدول (18) انخفاض واضح لمعدلات قيم الأكسجين المستهلك (COD) في العينات الممثلة لمخرج المحطة، وهذا دليل على كفاءة حوض الرمل في التخلص من العوامل المؤثرة في استهلاك الأكسجين المنحل في مياه الصرف. وقد أظهرت الدراسة أن كفاءة عمل محطة المعالجة في الشيخ سعيد في تخفيض كمية الأكسجين الكيميائي المستهلك الـCOD يتفاوت خلال أشهر السنة،

فقد تباين معامل الإزالةRI بين القيمتين (12.63% – 89.42%) وذلك في شهري شباط وكانون الأول، على الترتيب. وكان معدل الازالة *RI* بالنسبة لقيم الـCOD نحو 43.51%، أي أن محطة المعالجة قادرة على تخفيض كمية الأكسجين المستهلك بكفاءة عالية. وقد بلغت ذروتها في شهر كانون الأول (ديسمبر) أي في نهاية فصل الخريف وبداية فصل الشتاء، وتبقى عينات الشهر الخامس في حيرة بسلوكها من حيث ارتفاع قيم المدخل بالمقارنة مع قيم المخرج.



الشكل (20): معدل قيم معامل الازالة RI لكل من الـCOD والـBOD للعينات الممثلة لمياه الصرف في محطة المعالجة

من جهة أخرى،أوضحت البيانات أن معدل قيم الـCOD للعينات الممثلة لمدخل ومخرج المحطة أقل من مثيلاتها في المراكز العلمية في جامعة حلب، والشكل (21) يوضح أن أعلى معدل لقيم الـ COD كانت في المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب بنسب تفوق ضعف معدل قيم الـ COD لمدخل المحطة في أشهر الدراسة (نيسان وأيار وحزيران)، وكان أعلى معدل لقيم الـCOD دائماً في شهر حزيران في العينات الممثلة لمياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب.



الشكل (21): تباين معدل قيم الـCODلعينات الصرف الصحي لجامعة حلبومدخل ومخرج محطة المعالجة .

5.2.4. النسبة $\left(\frac{COD}{BOD5}\right)$ ومعامل الازالة (RI) لعينات مياه الصرف الصحي:

من جهة أخرى تشير البيانات المبوبة في الجدول (18) إلى أن معدل النسبة بين تركيز الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية والمستهلك للأكسدة الحيوية(البيوكيميائية) $\frac{COD}{BOD5}$ في مدخل المحطة ومخرج المحطة قد بلغ نحو 1.76 و1.67 ، على الترتيب. علماً أن أعلى قيمة لهذه النسبة كانت $\left(\frac{COD}{BOD5} = 2.37\right)$ في العينة الممثلة لمدخل المحطة في شهر حزيران ، وهي تفوق بكثير الحدود المسموح بها (1.5 – 2) حيث من الواضح عندما ترتفع هذه النسبة فهذا دليل على وجود مواد عضوية صعبة التحلل عن طريق البكتريا (التحلل البيولوجي). بينما عندما تكون قيمة نسبة الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية إلى الأكسجين المستهلك للأكسدة البيوكيميائية تتراوح بين 1.5 – 2 في مياه الصرف العادمة فهذا يعني أن المياه تحتوى على مواد تتحلل بيولوجياً، والشكل (22) يبين تغيرات هذه النسبة على مدار العام للعينات الممثلة لمدخل ومخرج محطة الصرف الصحي في الشيخ سعيد.حيث تشير البيانات الموضحة في الشكل إلى ارتفاع هذه النسبة في الربع الثاني بالنسبة لمدخل المحطة، بينما ترتفع $\left(\frac{COD}{BOD5}\right)$ في الربع الثالث بالنسبة لعينات مخرج المحطة. ومن الملاحظ في الربع الرابع ارتفاع معدل هذه النسبة لعينات مخرج المحطة عن مثيلاتها في مدخل المحطة.



الشكل (22): معدل قيم $\left(\frac{COD}{BOD5}\right)$ لعينات مياه الصرف الصحي في محطة الشيخ سعيد لعام 2011.

6.2.4. توزع العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي لمحطة المعالجة:

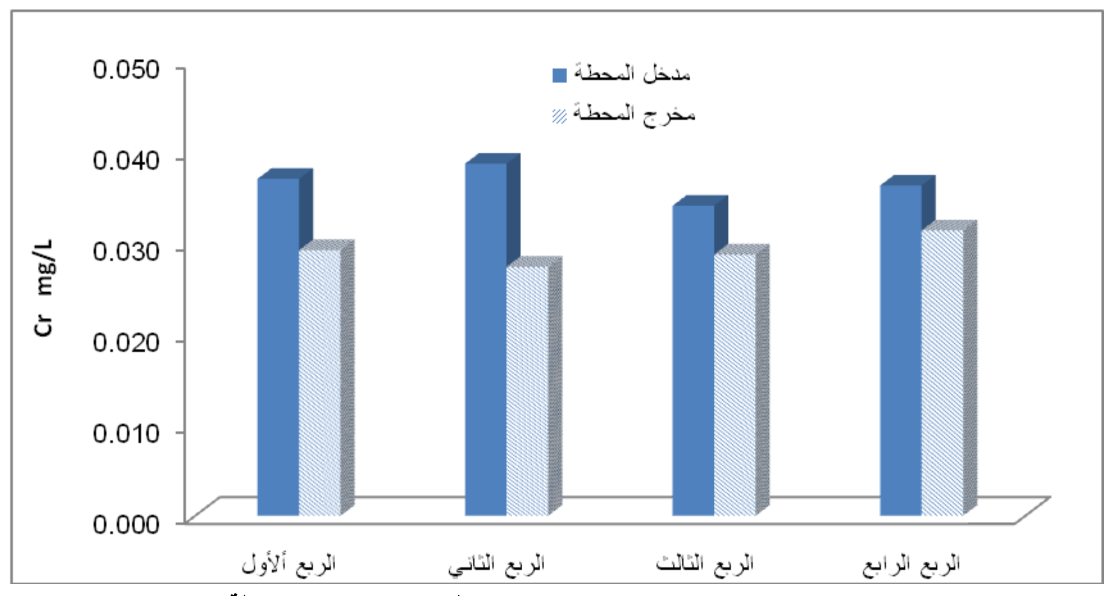
بهدف تقييم توزع بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية وأثرها في نوعية مياه الصرف في الشبكة العامة لمدينة حلب. تم مقارنة توزع خمسة عناصر فقط (النيكل والنحاس والكادميوم والرصاص والكروم) في عينات ممثلة لمدخل ومخرج محطة المعالجةفي الشيخ سعيد مع مثيلاتها في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب. والجدول (19) يوضح توزع هذه العناصر خلال أشهر السنة لعام 2011، وبمعدل عينتين في الشهر الواحد. وتشير البيانات إلى أن معدل توزع العناصر تتباين خلال الفترات الزمنية الأربعة التي تم الاعتماد عليها في هذه الدراسة (الربع الأول، الربع الثاني، الربع الثالث، الربع الرابع).

الجدول (19):توزع بعض العناصر الثقيلة في عينات مياه الصرف الممثلةلمدخل ومخرج محطة المعالجة لعام 2011

الشهر	العينة	مدخل المحطة (Input)					مخرج المحطة (Output)				
		Ni	**Cu**	**Pb**	**Cd**	**Cr**	**Ni**	**Cu**	**Pb**	**Cd**	**Cr**
		mg/ℓ					**mg/ℓ**				
Jan	1	0.0360	0.0260	0.0290	0.0017	0.044	0.029	0.019	0.019	0.0011	0.032
	2	0.0400	0.0240	0.0270	0.0021	0.036	0.029	0.022	0.023	0.0019	0.034
Feb	1	0.0330	0.0210	0.0250	0.0013	0.037	0.028	0.019	0.019	0.0012	0.032
	2	0.0320	0.0260	0.0220	0.0010	0.036	0.031	0.016	0.016	0.0010	0.020
Mar	1	0.0290	0.0250	0.0190	0.0025	0.032	0.026	0.018	0.014	0.0012	0.026
	2	0.0390	0.0330	0.0170	0.0020	0.037	0.031	0.023	0.015	0.0015	0.031
Average		**0.0348**	**0.0258**	**0.0232**	**0.0018**	**0.037**	**0.029**	**0.020**	**0.018**	**0.001**	**0.029**
Apr	1	0.0270	0.0420	0.0270	0.0017	0.049	0.020	0.033	0.016	0.0010	0.026
	2	0.0410	0.0310	0.0280	0.0016	0.040	0.026	0.021	0.017	0.0014	0.024
May	1	0.0260	0.0330	0.0380	0.0015	0.035	0.023	0.022	0.029	0.0009	0.029
	2	0.0350	0.0350	0.0320	0.0018	0.040	0.017	0.031	0.030	0.0014	0.030
Jun	1	0.0490	0.0510	0.0480	0.0006	0.038	0.031	0.034	0.025	0.0003	0.025
	2	0.0380	0.0260	0.0350	0.0003	0.030	0.033	0.025	0.027	0.0002	0.030
Average		**0.0360**	**0.0363**	**0.0347**	**0.0013**	**0.0387**	**0.025**	**0.028**	**0.024**	**0.001**	**0.027**
Jul	1	0.0400	0.0280	0.0300	0.0004	0.031	0.036	0.026	0.024	0.0003	0.030
	2	0.0540	0.0370	0.0320	0.0003	0.029	0.038	0.032	0.030	0.0003	0.029
Aug	1	0.0450	0.0340	0.0390	0.0005	0.027	0.031	0.031	0.037	0.0004	0.026
	2	0.0540	0.0420	0.0340	0.0006	0.037	0.046	0.033	0.033	0.0005	0.030
Sep	1	0.0332	0.0705	0.0155	0.0018	0.0412	0.025	0.046	0.013	0.0016	0.0315
	2	0.0402	0.0365	0.0232	0.0021	0.0391	0.030	0.024	0.019	0.0019	0.0256
Average		**0.0444**	**0.0413**	**0.0289**	**0.0010**	**0.0341**	**0.034**	**0.032**	**0.026**	**0.001**	**0.029**
Oct	1	0.0346	0.0312	0.0222	0.0025	0.0318	0.026	0.020	0.017	0.0019	0.0245
	2	0.0369	0.0303	0.0224	0.0024	0.0351	0.028	0.020	0.021	0.0017	0.0301
Nov	1	0.0412	0.0569	0.0254	0.0020	0.036	0.031	0.037	0.021	0.0011	0.0335
	2	0.0420	0.0520	0.0260	0.0028	0.045	0.030	0.044	0.017	0.0025	0.040
Dec	1	0.0401	0.0369	0.0186	0.0015	0.0395	0.030	0.026	0.016	0.0012	0.0369
	2	0.0396	0.0456	0.0196	0.0016	0.0302	0.026	0.044	0.013	0.0010	0.023
Average		**0.0391**	**0.0421**	**0.0224**	**0.0021**	**0.0363**	**0.029**	**0.032**	**0.017**	**0.002**	**0.031**

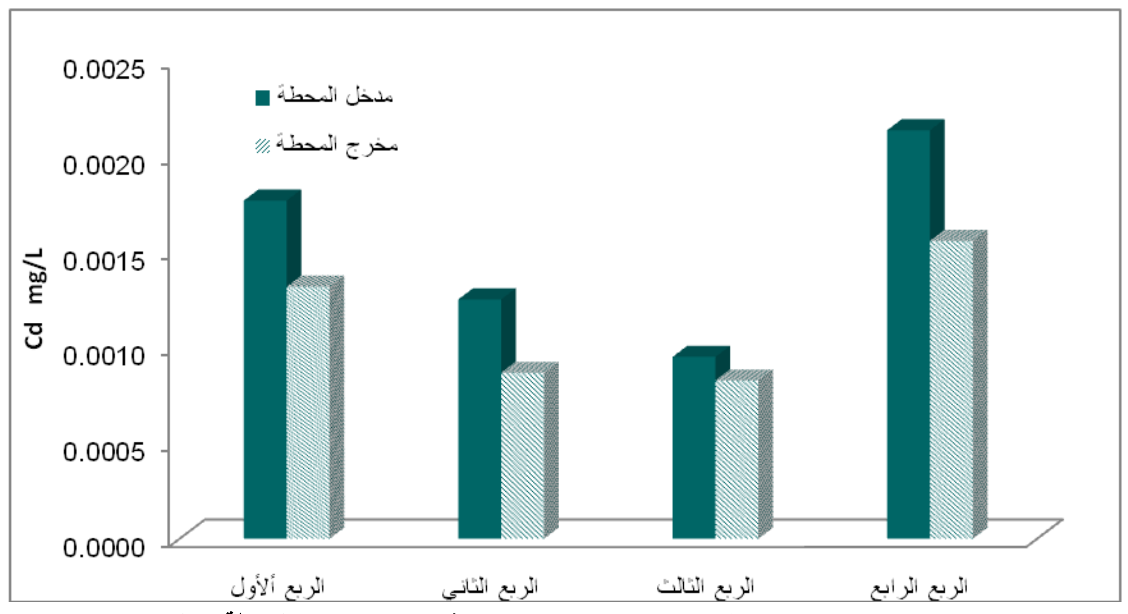
يظهر الجدول (19) أن تركيز الكروم في مياه الصرف الممثلة لعينات مدخل المحطة قد تراوحت بين القيميتين (0.027 mg/ℓ – 0.049) وذلك في العينة الأولى من شهري تموز ونيسان على الترتيب، أي أن تركيز

الكروم في مياه الصرف الممثلة للشبكة العامة في محطة المعالجة يبقى ضمن الحدود المسموح بها ولا يوجد أية مشاكل سواءً على المدى القصير أو المدى الطويل بالنسبة لاستخدام هذه المياه في الري الزراعي.



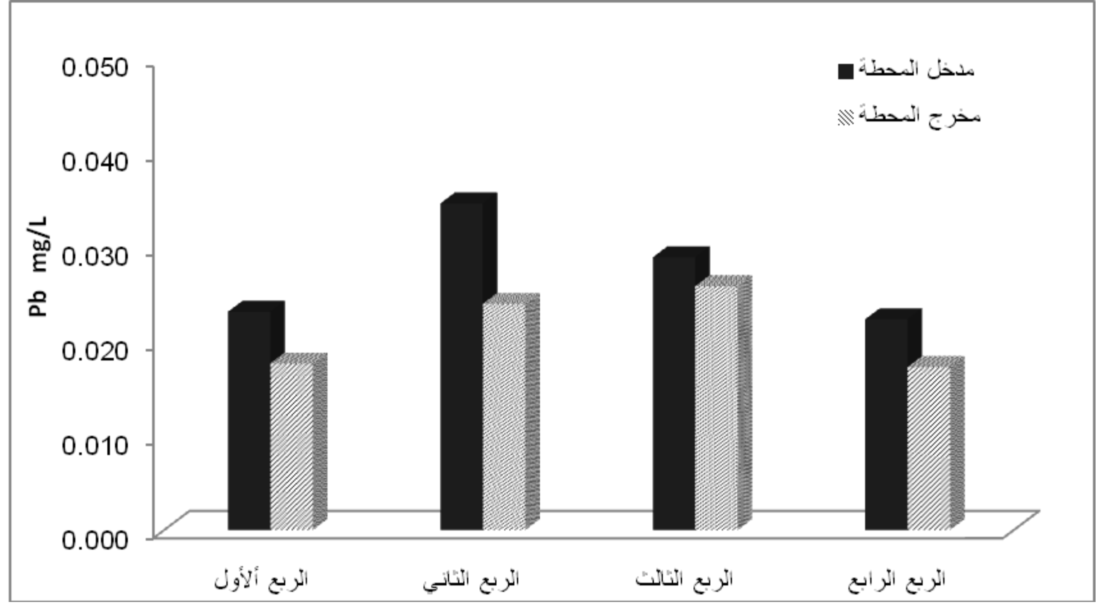
الشكل (23): معدل توزع الكروم في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.

أما فيما يتعلق بتوزع الكادميوم في مياه الصرف الممثلة للشبكة العامة لمدينة حلب، فقد أظهرت البيانات أن تركيز الكادميوم منخفض جداً بالمقارنة مع بقية العناصر الثقيلة المدروسة. فقد تراوح تركيزه في عينات مدخل المحطة (0.0028-0.0003 mg/ℓ) وذلك في القراءة الأولى من شهري أيلول وحزيران على الترتيب،وهو أقل بكثير من الحدود المسموح بها (0.05-0.01 mg/ℓ)وفق معايير هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2003/2752)التي وضعتها بهدف استخدام مياه الصرف الصحي في الري الزراعي. فقد أشارت المواصفة إلى أن الحد الأعلى (0.05) يمكن فقط للري القصير الأجل (أقل من 20 سنة) ، بينما الحد الأدنى (0.01) يمكن للري الطويل الأجل (أكثر من 20 سنة). وبناءً على ذلك وما آلت اليه نتائج دراسة العينات الممثلة لمياه الصرف الصحي لعام 2011 ، يمكن القول أنه لا يوجد أية مشاكل في استخدام مياه الصرف الناجمة عن محطة المعالجة في مدينة حلب لأغراض الري الزراعي بالنسبة لتركيز الكادميوم فيها.



الشكل (24): معدل توزع الكادميوم في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.

بالانتقال إلى توزع الرصاص فقد أظهرت الدراسة انخفاض تركيزه في عينات مياه الصرف في مدخل ومخرج المحطة بشكل كبير بالمقارنة مع تركيزه في مياه الصرف الناجمة عن النشاطات العلمية في بعض المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب. فقد وصل أعلى معدل للرصاص إلى نحو (0.0347–0.0259mg/ℓ) في مخرج ومدخل المحطة على الترتيب.وبلغ الحد الأقصى لتركيز الرصاص في عينات مدخل المحطة نحو (0.048mg/ℓ) وفي مخرج المحطة نحو (0.037 mg/ℓ).

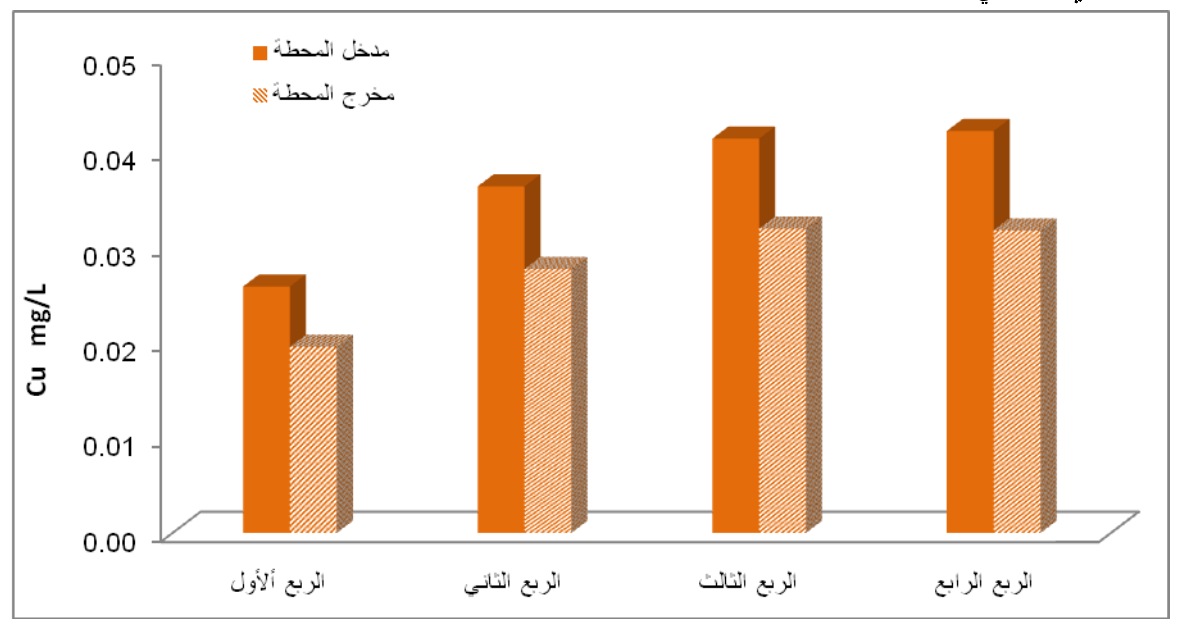


الشكل (25): معدل توزع الرصاص في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.

ولا بد من الاشارة إلى أن تركيز الرصاص في مياه الصرف الصحي هو ضمن الحدود المسموح بها، ولا يوجد أي محاذيرفي استخدام مياه الصرف الصحي الناتجة من محطة الصرف الصحي في الشيخ سعيد في الري الزراعي سواءً

على المدى الطويل أو المدى القصير لأن الحدود التي وضعت من قبل (Metcalf and Eddy, 2007) تشير إلى أن تركيز الرصاص يصل إلى نحو (20ℓmg/) لأغراض الري على المدى القصير، و(mg/ℓ5) لأغراض الري على المدى الطويل.

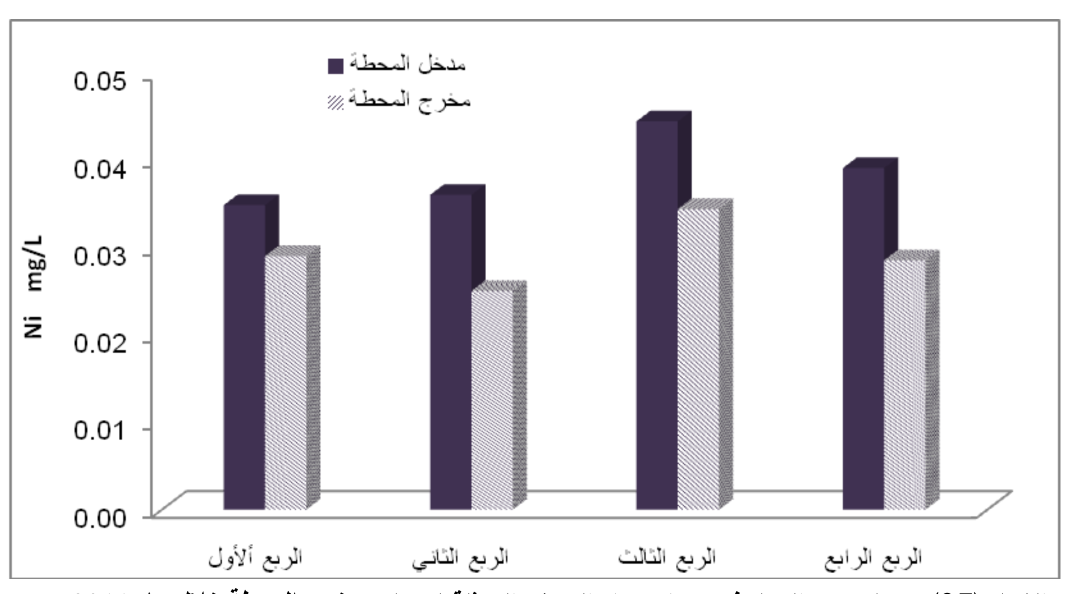
أما تركيز النحاس في عينات مياه الصرف الداخلة إلى المحطة (مدخل المحطة) فقد أوضحت البيانات في الجدول (23) أن القيمة العظمى (0.0705 mg/ ℓ) كانت في شهر أيلول وأنخفض التركيز إلى أدنى مستوياته (0.0210 mg/ℓ) في شهر شباط للعام ذاته.وفي تقييم تركيز عنصر النحاس في مياه الصرف حسب المعايير الموضوعة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2003/2752) يمكن القول أنه لا يوجد أي محاذير في استخدام المياه لأغراض الري الزراعي.



الشكل (26): معدل توزع النحاس في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011.

وأوضحت الدراسة كفاءة محطة المعالجة في التقليل من تراكيز العناصر الثقيلة في مياه الصرف بعد مرورها في حوض الرمل، فقد أوضحت النتائج الخاصة بتحليل عينات مخرج المحطة أن تركيز النحاس انخفض بمعدل (25%) حيث وصل معدل تركيز النحاس إلى نحو (0.028mg/ℓ).

وكان سلوك النيكل مشابهاً كثيراً لسلوك النحاس حيث بلغ تركيزه في عينات مدخل المحطة بين القيميتين (0.054– 0.026 mg/ℓ)، أما بالنسبة لمعدل تركيز النيكل في مياه الصرف الممثلة لعينات مخرج المحطة فقد بلغ نحو (0.029 mg/ℓ). وكما في النحاس لا توجد أي محاذير في استخدام مياه الصرف الصحي الناجمة عن محطة المعالجة بما يتعلق في محتواها من عنصر النيكل فقد أوضحت الحدود (2 – 0.2 mg/ℓ) الموضوعة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2003/2752) امكانية استخدام هذه المياه في الري على المدى القصير والطويل، حيث تركيز النيكل في بعض العينات المدروسة ينخفض عن الحدود الموضوعة بنحو 100 مرة.



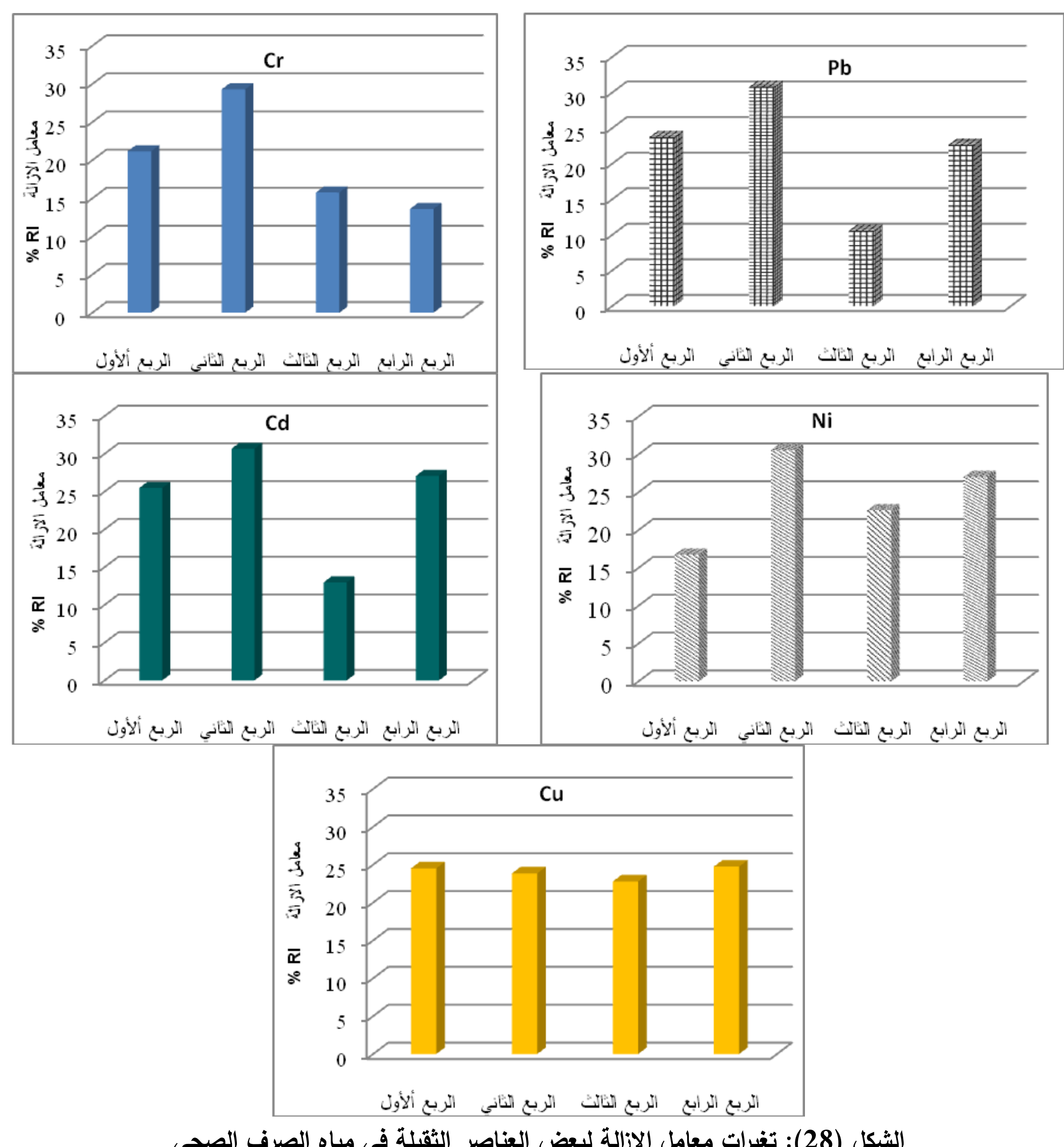
الشكل (27): معدل توزع النيكل في عينات مياه الصرف الممثلة لمدخل ومخرج المحطة خلال عام 2011

لا بد من الاشارة، إلى أن انخفاض تركيز العناصر الثقيلة عن الحدود الموضوعة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية رقم (2003/2752) ومن قبل (Metcalf and Eddy, 2007) وأخيراً من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية (2008/2580). والتي تشير كلها إلى أن وضع مياه الصرف الصحي آمنة من حيث تركيز العناصر الثقيلة التي تناولها هذا البحث. إلا أن هذا الأمر لا يعني أبداً صرف النظر عن مراقبة مجاري مياه الصرف والعمل على تخفيض تركيز الكثير من العناصر الثقيلة إلى حدودها الدنيا. وذلك بسبب أن هذه العناصر تميل إلى التراكم في التربة من خلال تكوينها لمعقدات شحيحة الذوبان من جهة ، وادمصاصها على معقدات الطين من جهة أخرى. لذلك فإن التعرف على كفاءة محطات المعالجة له أهمية بمكان للوقوف على حركية هذه العناصر.

يبين الجدول (20) قيم معامل الازالة (RI) لبعض العناصر الثقيلة التي شملتها هذه الدراسة. وتشير البيانات إلى أن معامل الإزالةRIللكادميوم والنيكل كانا هما الأعلى من بين العناصر المدروسة، فقد بلغ الحد الأعظمي لمعامل الإزالة للكادميوم نحو (52%) وذلك في القراءة الأولى من شهر أذار (مارس)، وكان معدل الازالة الأعلى للكادميوم قد تحقق في الربع الثاني (30.67%) كما هو موضح في الشكل (28). بينما تراوح معامل الازالة للنيكل بين القيميتين (3% – 50%) وذلك في شهري شباط وأيار على الترتيب. وبلغ أعلى معدل لإزالة النيكل (30.56%) وأيضاً تحقق في الربع الثاني الشكل (28). وكان أكبر معدل لمعامل الازالة للعناصر الثقيلة قد تحقق في الربع الثاني باستثناء النحاس فقد كان أعلى معدل لمعامل الازالة (24.75%) في الربع الرابع.

الجدول (20): قيم معامل الازالة RI (Removal Index) لبعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي الناجمة عن محطة الصرف الصحي في الشيخ سعيد لعام 2011

الشهر	العينة	معامل الازالة RI (%)				
		Ni	**Cu**	**Pb**	**Cd**	**Cr**
Jan	**1**	19.44	26.92	34.48	35.29	27.27
	2	27.50	8.33	14.81	9.52	5.56
Feb	**1**	15.15	9.52	24.00	7.69	13.51
	2	3.13	38.46	27.27	0.00	44.44
Mar	**1**	10.34	28.00	26.32	52.00	18.75
	2	20.51	30.30	11.76	25.00	16.22
Average		**16.75**	**24.52**	**23.74**	**25.47**	**21.17**
Apr	**1**	25.93	21.43	40.74	41.18	46.94
	2	36.59	32.26	39.29	12.50	40.00
May	**1**	11.54	33.33	23.68	40.00	17.14
	2	51.43	11.43	6.25	22.22	25.00
Jun	**1**	36.73	33.33	47.92	50.00	34.21
	2	13.16	3.85	22.86	33.33	0.00
Average		**30.56**	**23.85**	**30.77**	**30.67**	**29.31**
Jul	**1**	10.00	7.14	20.00	25.00	3.23
	2	29.63	13.51	6.25	0.00	0.00
Aug	**1**	31.11	8.82	5.13	20.00	3.70
	2	14.81	21.43	2.94	16.67	18.92
Sep	**1**	24.40	35.05	19.09	13.89	23.54
	2	25.18	35.07	19.01	9.05	34.56
Average		**22.61**	**22.79**	**10.57**	**12.98**	**15.77**
Oct	**1**	24.48	35.96	25.68	26.00	23.05
	2	24.39	34.88	8.48	31.08	14.24
Nov	**1**	24.27	34.80	17.32	45.00	6.94
	2	28.57	15.38	34.62	10.71	11.11
Dec	**1**	25.47	30.89	15.05	18.00	6.46
	2	34.34	3.51	33.67	37.50	23.92
Average		**27.00**	**24.75**	**22.65**	**27.08**	**13.61**



الشكل (28): تغيرات معامل الازالة لبعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الصحي في محطة الشيخ سعيد خلال عام 2011.

3.4.تقييم مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في مخبر أبحاث كلية الزراعة:

بهدف تقييم مياه الصرف الناجمة عن مخابر التحليل النوعية، والتي لا يتم صرف فضلاتها إلى شبكة الصرف العامة بشكل مباشر، إنما يتم تجميع المياه المنصرفة ضمن عبوات خاصة (سعة 20 ليتر). فقد تم قطف عينات من مياه الصرف الخاصة لجهاز الامتصاص الذري (التابع لمخبر الأبحاث في قسم علوم التربة والمياه في كلية الهندسة الزراعية) وعلى فترتين:الأولى في 2011/4/15والثانية في 2011/6/7.

حيث تم تقديرالتركيب الكيميائي الأيوني الذي تضمنالكاتيونات (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+})والأنيونات (HCO_3, SO_4,Cl). وكذلك تم قياس المؤشرات الرئيسة (pH, EC, TDS). أما فيما يتعلق بمحتوى هذه المياه من العناصر الثقيلة فقد تم ذات العناصر التي تم تقديرها في راكارات المراكز العلمية وهي:(Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, Fe, Mo, Mn).

تشير النتائج الموضحة في الجدول (21) إلى أن الرقم الهيدروجيني كان شديد الحموضة في العينة الأولى والعينة الثانية (2.84 – 3.52) على الترتيب. وهذا منطقي على اعتبار معظم التحاليل التي تتم في جهاز الامتصاص الذري هي لعينات ترابية وعينات نباتية تخضع إلى معاملات أولية بغرض هضم عينات التربة أو النبات، ويتم استخدام أحماض مركزة في هذه العملية (عملية الهضم)، حيث يتم استخدام حمض الهيدروفلوريك*HF* وحمض الكبريتيك وحمض الكلوريد في هضم عينات التربة ، وكذلك يستخدم الماء الملكي في هضم العينات النباتية. وبالتالي محلول الهضم الذي يستخدم فيما بعد في تقدير العناصر يكون شديد الحموضة.

الجدول (21): بعض الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الناجمة عن جهاز الامتصاص الذري .

Parameter	الرمز	الوحدة	القراءة الأولى †	القراءة الثانية ‡	الحدود المسموح بها ††
الرقم الهيدروجيني	**pH**	-	**2.84**	**3.52**	9.5-6.5
الناقلية الكهربائية	**EC**	µS/m	**2858**	**170.7**	غير محدد
الأملاح الكلية المنحلة	**TDS**	mg/ℓ		**110**	2000
الاحتياج الكيميائي للأكسجين	**COD**	mg/ℓ	**ND**	**ND**	1500
نسبة ادمصاص الصوديوم	**SAR**	c.mol/ℓ			9
الكالسيوم	Ca^{2+}	mg/ℓ	**6**	**10**	400
المغنيزيوم	Mg^{2+}	mg/ℓ	**4.8**	**7.2**	60
الصوديوم	Na^{+}	mg/ℓ	**2**	**0**	230
البوتاسيوم	K^{+}	mg/ℓ	**1**	**0**	غير محدد
البيكربونات	HCO_3^-	mg/ℓ	**0**	**0**	520
الكبريتات	SO_4^{2-}	mg/ℓ	**3**	**2**	500
الكلوريد	Cl^-	mg/ℓ	**177.5**	**88.70**	350

†: أخذت القراءة ألأولى بتاريخ 9/3/2011

‡: أخذت القراءة الثانية بتاريخ 30/4/2011

††: وفق هيئة المقاييس والمواصفات السورية (م.ق.س: 2003/2752)

فيما يتعلق بالناقلية الكهربائية لعينات مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في قسم علوم التربة، تشير النتائج إلى أن قيمة الـEC في العينة الأولى المقطوفة في شهر نيسان كانت أعلى من العينة الثانية المقطوفة في شهر حزيران، حيث كانت قيم الناقلية الكهربائية للعينتين 2858 و170.7 (µS/cm) على الترتيب.أما

بالنسبة لتركيز الكاتيونات فقد أشارت النتائج إلى وجود تراكيز ضئيلة جداً من الكالسيوم والمغنزيوم في العينات المدروسة، وكذلك الأمر بالنسبة للصوديوم والبوتاسيوم في القراءة الأولى، ولكن انعدم تركيز هذين العنصرين في القراءة الثانية. كما كان عليه الحال بالنسبة للبيكربونات في القراءات الأولى والثانية. بعكس الكلوريد Cl^{-} تماماً الذي ارتفع تركيزه إلى قيم عالية جداً، ولكن لم يتجاوز التركيز الحدود المسموح فيها وفق هيئة المقاييس والمواصفات السورية رقم (2003/2752)، حيث وصل تركيز الكلوريد إلى نحو 177.5 و88.7 (mg/ℓ)، في القراءتين الأولى والثانية على الترتيب. ويعزى سبب ارتفاع تركيز الكلوريد في المياه المصروفة من جهاز الامتصاص الذري إلى استخدام حمض الكلوريد في هضم العينات الترابية أو النباتية على حد سواء، بالإضافة إلى أن معظم المحاليل القياسية التي تستخدم في معايرة جهاز الامتصاص الذري ورسم منحنى المعايرة قبل تقدير العناصر المختلفة (الرئيسية أو الثقيلة)، تعتمد بشكل رئيسي على أملاح الكلوريدات. وجدير بالذكر في هذا السياق، ووفق المعايير الموضوعة من قبل هيئة المقاييس والمواصفات السورية رقم (2003/2752) فإنه يمنع رمي هذا المياه مباشرةً في شبكة الصرف العامة، بسبب انخفاض قيم الرقم الهيدروجيني بشكل كبير عن الحدود المسموح بها (6.5 – 9.5).

على الرغم من أن بعض علامات تلوث المياه قد تكون ظاهرة بالعين المجردة (مثل بقع الزيت والرغاوى الطافية والروائح الكريهة ولون ودرجة عكارة المياه) إلا أن أسوأ ملوثات المياه ولسوء الحظ غير مرئية بالعين المجردة. وتعد العناصر الثقيلة من أخطر الملوثات التي قد تصل إلى التربة نتيجة رمي مياه الصرف الناجمة عن المصانع والمخابر المختلفة بشكل عشوائي. والجدول (22) يبين تركيز بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري في كلية الزراعة. وتشير النتائج إلى وجود تراكيز عالية لبعض العناصر الثقيلة، كما هو عليه الحال بالنسبة للرصاص والكادميوم والموليبدنيوم والمنغنيز في العينة الممثلة للقراءة الأولى.

الجدول (22): **تركيز بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن جهاز الامتصاص الذري.**

العناصر الثقيلة	الرمز	القراءة الأولى	القراءة الثانية	الحدود المسموح بها
الرصاص	Pb	**3.211**	0.471	**1.0**
النحاس	Cu	0.209	0.246	**1.0**
الكادميوم	Cd	**0.478**	**0.109**	**0.1**
النيكل	Ni	0.007	0.015	**2.0**
الموليبدنيوم	Mo	**0.681**	**0.746**	**0.05**
الكروم	Cr	0.404	0.520	**2.0**
الحديد	Fe	0.038	0.070	**5.0**
الزنك	Zn	0.290	0.228	**4.0**
المنغنيز	Mn	**0.746**	**0.769**	**0.2**

وتظهر النتائج أن عنصر الرصاص في القراءة الأولى قد تجاوز الحدود المسموح بها بحوالي ثلاثة أضعاف مما هو مسموح به حسب هيئة المقاييس والمواصفات السورية رقم (2003/2752). بينما في القراءة الثانية المأخوذة في شهر حزيران كان أقل من الحدود المسموح بها. وفي ذات السياق أظهرت النتائج أن عنصر الكادميوم قد تجاوز

الحدود المسوح بها بحوالي أربعة أضعاف في القراءة الأولى، بينما كان قريب جداً من الحدود المسموح بها في القراءة الثانية. أما المنغنيز فقد تجاوز الحدود المسموح بها في القراءتين الأولى والثانية بحوالي 3–4 أضعاف من الحد المسموح به حسب هيئة المقاييس والمواصفات السورية رقم (2003/2752). وفي قراءة نتائج تحليل عنصر المولبيدنيوم فقد أكدت النتائج تجاوزه للحدود المسموح بها وبكميات عالية جداً وفي كلتا القراءتين.

أما بالنسبة لبقية العناصر التي تم تقدير تركيزها في مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري والتي ضمت كل من النحاس والنيكل والكروم والزنك، فقد أشارت النتائج إلى أن تركيزها كان ضمن الحدود المسموح بها. وهذا لا يعني أن هذه المياه يمكن رميها في الشبكة العامة للصرف الصحي، فالعينات التي تم اختيارها ودراسة حالتها الكيميائية في تلك الفترتين أوضحت عدم وجود تراكيز عالية من هذه العناصر، بينما كان تراكيز العناصر التي ذكرت أعلاه فوق الحدود المسموح بها.

ولا بد من الاشارة إلى أن الهدف من دراسة تركيز العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناتجة عن جهاز الامتصاص الذري وتحديد بعض خواصها الكيميائية، كان للوقوف أمام حالة أحدالمخابر النوعية التي تقوم برمي فضلاتها في شبكة الصرف العامة لأحد المراكز العلمية التي تم دراستها في هذا البحث والتابعة إلى المراكز العلمية في جامعة حلب، ولكن لا بد من القول أن الحصول على قيم تجريبية لمعرفة نسبة تأثير كل مخبر ومدى مساهمته في تلوث مياه الصرف الناتجة عنالراكار الرئيسي لكلية الزراعة، الذي تمت دراسته في المرحلة الأولى من هذا البحث،يبقى من الأمور الصعبة، بل حتى من الأمور المستحيل من خلالها الوصول إلى أرقام يمكن السيطرة عليها من خلال منهجيات البحث العلمي المتعارف عليها. وذلك بسبب تشعب وتعدد المخابر النوعية في الأقسام المختلفة لكلية الزراعة، وكذلك اختلاط مياه الصرف الناتجة عن هذه المخابر مع مياه الصرف الناتجة عن النشاطات الأخرى. لذلك كان الهدف من الأرقام المتحصل عليها في هذه الدراسة هو لاستخدامها في عملية التقييم وفق المعايير الموضوعة من قبل الهيئات المتخصصة.

ومن خلال هذه الرؤية كان لابد من اتباع منهجية علمية في قراءة تأثير مياه الصرف الصحي في استدامة استخدامها في الزراعة. لذلك تم في المرحلة الرابعة من هذا البحث دراسة سلوك أحد العناصر الثقيلة في التربة، فكان الاختيار على عنصر الرصاص لتواجده بتراكيز عالية في معظم العينات المقطوفة من الراكارات التي شملتها هذه الدراسة. وقد تمت دراسة حركية وانتقال عنصر الرصاص في نوعين من الترب السورية من خلال تطبيق تجربة مخبرية ضمن أعمدة ترابية تم من خلالها امرار مياه ملوثة صنعياً بمستويين من تركيز الرصاص.

4.4. حركية وانتقال الرصاص في نوعين من الترب السورية:

تؤثرالخواصالكيميائيةوالفيزيائيةللتربةفيادمصاصالعناصرالثقيلة،ممايىنعكس على حركتهاوانتقالها داخلالتربة،وهذا بدوره قديحدأويزيدمن وصولها إلىالمياهالجوفية. كما أن توزعالعناصرالثقيلةوتركيزهافيالتربةيتأثربخواصهذه العناصر

الفيزيائيةوالكيميائية، وصورهاالمختلفة.وكذلك يتأثر انتقال وتوزع العناصر الثقيلة بخواصالتربةالفيزيائيةوالكيميائيةمثلقوامالتربة،ومحتوىالتربةمن المادةالعضوية،والرقمالهيدروجيني للتربة (pH) ومحتوىالتربة من كربوناتالكالسيوم،وزمنالاتزان،والسعةالتبادليةالكاتيونية (CEC).

في هذه الدراسة نفذت تجربة مخبرية لفهم ميكانيكية انتقال وحركية الرصاص في نوعين من الترب السورية ذات خصائص بيدولوجية متباينة. ويبين الجدول رقم (23) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المدروسة. حيث تشير البيانات إلى اختلافات كبيرة في خواص التربة A عن التربة B من حيث محتواها من الطين وكربونات الكالسيوم والمادة العضوية، بالإضافة إلى تباين واضح في الرقم الهيدروجيني.

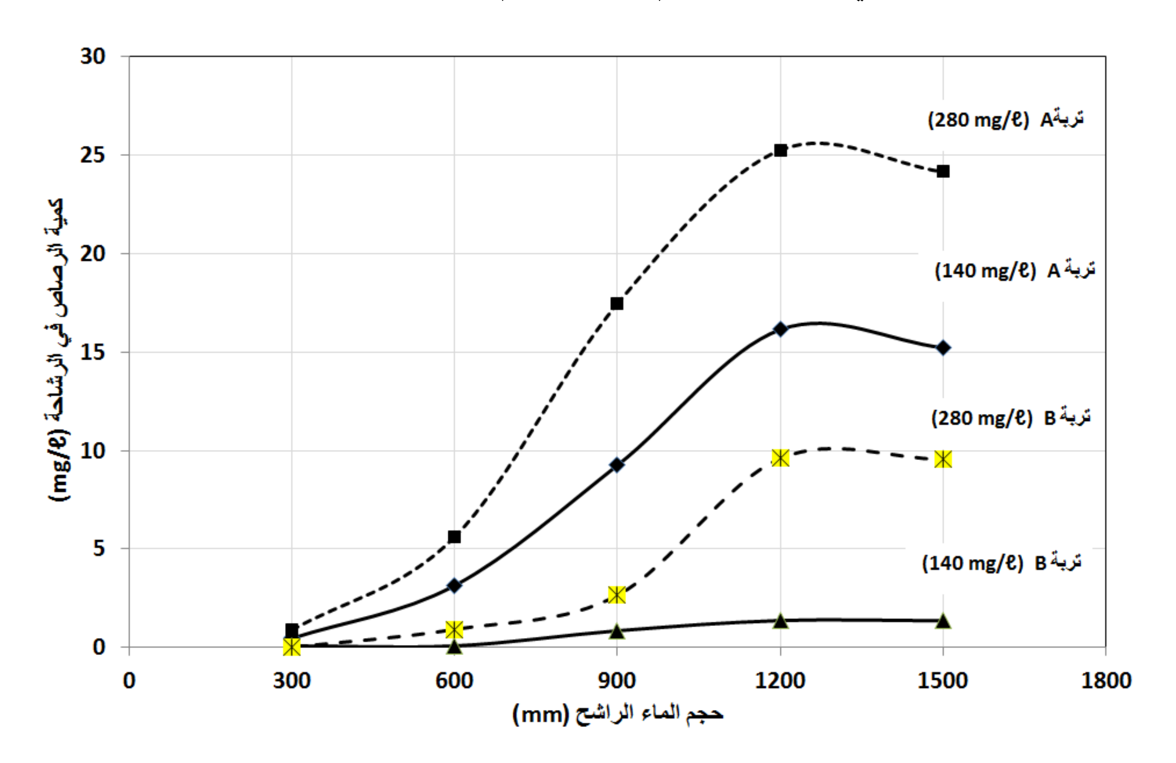
الجدول رقم (23): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للترب المستخدمة في دراسة حركية الرصاص.

خصائص التربة	الواحدة	التربة (A)	التربة (B)
التوزيع الحجمي لحبيبات التربة			
الطين	%	26.20	52.22
السلت	%	32.36	22.02
الرمل	%	41.44	25.76
قوام التربة		Loam	Clay
الكثافة الظاهرية	غ/سم^3	1.45	1.54
$CaCO_3$	%	Tr	45.16
O.M	%	3.12	1.44
CEC	ميليمكافئ/100 غرام	26.3	38.4
$pH_{(1:2.5)}$ **في معلق**		5.84	8.46
EC_e	ديسيسيمينز/م	0.64	1.21
الكاتيونات الذائبة			
Ca^{+2}	$meq.\ell^{-1}$	2.88	4.34
Mg^{+2}	$meq.\ell^{-1}$	2.52	4.44
Na^{+}	$meq.\ell^{-1}$	0.80	2.24
K^{+}	$meq.\ell^{-1}$	0.16	1.15
الأنيونات الذائبة			
HCO_3^{-}	$meq.\ell^{-1}$	2.00	5.95
Cl^{-}	$meq.\ell^{-1}$	1.20	3.41
SO_4^{-2}	$meq.\ell^{-1}$	3.16	2.65

وقد أشارتالنتائج إلىوجود كمياتضئيلةجداًللرصاصفيالمحلولالراشحمنالأعمدةمع القراءات الأولى. وهذا يدل على بقاء أيونات الرصاص كلياً في التربة متوزعةًبينمحلولالتربة(داخلالمسام) أو مدمصةً على سطححبيباتالتربة. وهذامعناهأنحركةالرصاص كانت بطيئةجداًفيالتربة خلال المراحل الأولى من التجربة. ثم ازدادت كمية الرصاص إلى حد ما في المياه الراشحة في القراءات المتتالية.

يظهر الشكل رقم (29) تباين واضح في كمية الرصاص في المياه الراشحة مع استمرار اضافة المياه الملوثة بالرصاص خلال مراحل التجربة. فقد وصلت أعلى كمية من الرصاص في القراءة الأولى (300 مل) في اليوم الأول من إمرار المياه الملوثة بالرصاص إلى نحو 0.88 (mg/ℓ) وذلك في عمود التربة A ذو التركيز المرتفع ((280 mg/ℓ). بينما انعدم وجود الرصاص في الرشاحات الناتجة من أعمدة التربة B. وبتوالي الاضافات ارتفع

تركيز الرصاص في الرشاحات الناتجة من أعمدة التربة A بشكل واضح بالمقارنة مع تركيز الرصاص في المياه الراشحة من أعمدة التربة B. حيث ارتفع تركيز الرصاص في القراءة الرابعة (1200 مل) إلى نحو 25.26 و16.14 (mg/ℓ) فيأعمدة التربة A (تربة ضهر القصير) في كلا التركيزين المرتفع والمنخفض على التوالي. بينما بقيت حركية الرصاص ضعيفة في أعمدة التربة B (تربة دير حافر).



الشكل رقم (29): تغيرات تركيز الرصاص (mg/ℓ) في رشاحات الأعمدة الممثلة للترب المدروسة.

في الواقع يخضعانتقالالملوثاتفيالتربةلتفاعلاتمختلفةداخل منظومةالتربة،ومنتلك التفاعلاتعمليةالادمصاصالتيتحدثأثناءحركةالملوثاتداخلالقطاع الترابي. وقد تناولت العديد من الدراسات تأثيرخواصالتربةفيسلوكالملوثاتبماينعكسعلىحركتها داخل التربة. حيث يؤثر التوزيعالحجميلحبيباتالتربةفيمحتواهامنالعناصر الثقيلة، فالحبيباتالناعمةتملكسطحاًنوعياً أكبروأكثرنشاطاً منالحبيباتالخشنة. وكنتيجة لذلك، يشير الجدول رقم (23) إلى أن محتوى التربة B من الطين يكون أعلى من مثيله في التربة A بحوالي الضعف، وهذا يفسر إلى حد كبير (كنتيجة أولية) انخفاض كمية الرصاص في الرشاحات الناتجة من أعمدة التربة B بالمقارنة مع التربة A حيث سرعة الجريان والرشح تقلل من زمن التلامس بين حبيبات التربة والمحلول الملوث. وكذلك تشير البيانات في الجدول(23) إلى أن قيم الرقمالهيدروجيني في التربة B تميل إلى أن تكون قاعدية بينما تكون في التربة A ذات تأثيرحامضي. وبناءً عليه ووفق العديد من الدراسات (Christensen, 1984; Filius et al., 1998)التي أثبتت أن الرقم الهيدروجيني للتربةعاملمهمفيالتحكمفي ذوبانيةالعناصر

الملوثة،وإتاحتهافي التربةفيمدى التباين في خواص التربةكالقوامومحتواهامنالمادة العضوية. حيث تشير البيانات إلى تفوق التربة A فيمحتواها من المادة العضوية (3.12%) على التربة B (1.44%).

من جهة أخرى، يبين الشكل (29) تأثير تركيز الرصاص في المياه الملوثة في حركته وانتقاله خلال أعمدة الترب المدروسة، فقد أوضحت النتائج أن تركيز الرصاص في الرشاحات الناتجة عن أعمدة التربة في التركيز المرتفع (280 mg/ℓ) كان أعلى بشكل عام من مثيله في الرشاحات الناتجة عن أعمدة التربة في التركيز المنخفض (140 mg/ℓ). وبالرغم من أن تركيز الرصاص في القراءات الأولى كان ضئيلاً جداً، إلا أنه بعد امرار حوالي أكثر من 1000 مل (القراءة الرابعة والخامسة) من المياه الملوثة ارتفع تركيز الرصاص بشكل كبير في الرشاحات الناتجة من أعمدة التربة، وخاصةً في التراكيز المرتفعة. وفي هذا السياق لابد من الاشارة إلى أن تركيزالعنصرفيمحلولالتربة يؤثربشكل كبير فيعملية الادمصاصوالتبادلعلىسطوح حبيباتالتربة، وهذا ما توصل إليه (Dhillon and Dhillon, 1999) اللذان أوضحا أنميلالأيوناتللادمصاصعلىسطوححبيباتالتربة يقلمعزيادةالتركيز. على عكس ما توصل إليه(Stevenson, 1998)الذي وجد أنهبزيادة تركيزالعنصرفيالمحلولتزدادفرصةادمصاصوتبادل العنصر على سطحالتربة.

ترتبط حركة وانتقال الرصاص في التربة بصور وجوده في نظام التربة، حيث كما هو معروف توجدالعناصرالثقيلةفيالتربةكصورذائبةفيمحلولالتربة،وكصورمركباتغيرذائبة.فُتكوِّنالعناصرُالثقيلةالعديدَمنالصورالمرتبطةمعمعادنالكربوناتوالكبريتاتوالأكاسيدوالهيدروكسيدات.كمايمكنأنتوجدالعناصرالثقيلةمدمصةعلىمواقعالتبادلالكاتيونيلغروياتالتربةالمعدنيةأوالعضوية،وقدتدمصادمصاصاً كيميائياً، بينمايحدثترسبالعناصرالثقيلةكمعادنمنفصلةعنغيرهاعندالتركيزاتالعاليةجداًلهاأولوجودأنيوناتمعينةأومركباتمخلبيةسواءًعضوية أومعدنية. وبناءً عليه فقد تم تقدير تركيز كل من الرصاص الذائبSoluble والرصاص المدمصSorbed في أعمدة التربتين المدروستين. والجدول رقم (24) يشير إلى نتائج كمية كل من الرصاص الذائب والمدمص في التركيزين المرتفع والمنخفض.

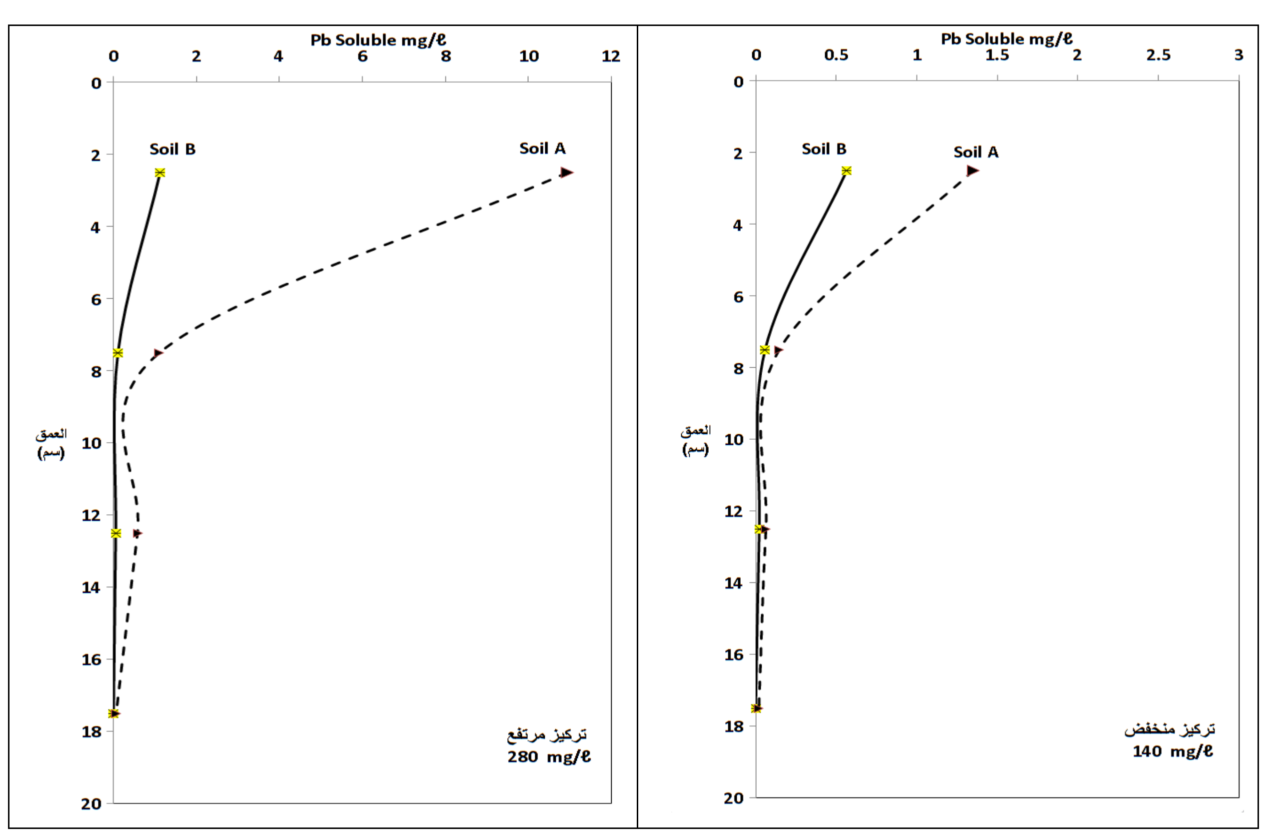
يبين الجدول أن كمية الرصاص المدمص من قبل حبيبات التربة أعلى بكثير من كمية الرصاص الذائب في جميع أعمدة الترب المدروسة (التربيتين A وB) وفي كلا التركيزين المرتفع والمنخفض، وهذا يتفق مع كثير من الدراسات (McBride, 1980; Kookana et al., 1999; McLaughlin, 2001)حيث أوضح الأخير أن أغلبالعناصرالثقيلةالتيتضافإلىالتربةتدمصعلىسطوح التربةعلى شكل صورمتبادلةثمتتحولإلىصورثابتةمعالزمن.

جدول (24): تركيز الرصاص الذائب والمدمص في الترب المدروسة حسب العمق.

نوع التربة	التربة A (ضهر القصير)		التربة B (دير حافر)	
تركيز المحلول	التركيز المرتفع (280 mg/ℓ)	التركيز المنخفض (140 mg/ℓ)	التركيز المرتفع (280 mg/ℓ)	التركيز المنخفض (140 mg/ℓ)

المدمص Sorbed	الذائب Soluble	المدمص Sorbed	الذائب Soluble	المدمص Sorbed	الذائب Soluble	المدمص Sorbed	الذائب Soluble	العمق (سم)
118.70	0.57	215.34	1.13	100.76	1.35	198.62	10.94	**0 – 5**
14.41	0.06	29.35	0.12	12.41	0.15	20.11	1.11	**5 – 10**
4.87	0.02	22.86	0.06	3.31	0.06	17.70	0.59	**10 – 15**
0.00	0.00	1.57	0.00	1.10	0.02	1.30	0.07	**15 – 20**

من جهة أخرى، وبالمقارنة بين الرصاص الذائب في أعمدة التربة A مع أعمدة التربة B،فالبيانات الموضحة في الشكل (30) تشير إلى أن كميات الرصاص الذائب في التربة Aتتفوق على كميات الرصاص الذائب في أعمدة التربة B، في كل الأعماق المدروسة، وفي كلا التركيزين المرتفع والمنخفض، وخاصةً في الطبقة السطحية في العمود ذو التركيز المرتفع.



الشكل رقم (30): توزع الرصاص الذائب Soluble حسب العمق في أعمدة الترب المدروسة، وفي التركيزين المرتفع والمنخفض.

وهذا يمكن تفسيره من خلال الخصائص الفيزيوكيميائية التي تتميز بها تربة دير حافر (التربة B)، والمتمثلة بارتفاع محتواها من كربونات الكالسيوم (45.16%) والتي عكست أثرها الكيميائي على قيم الرقم الهيدروجيني لتكون التربة مائلة للقاعدية. وبالمقابل فقد انخفض الرقم الهيدروجيني للتربة A بشكل واضح (5.84) مع غياب تام لكربونات الكالسيوم مما اكسبها خواص الترب الحامضية. وجدير بالذكر في هذا السياق أن محتوىالتربةمنكربوناتالكالسيوميؤثرفيادمصاصالرصاصعلىسطوححبيباتالتربة،ويظهرذلكالتأثيرفيالتربالجيريةعنطريقالتفاعلا

سطحي،وعنطريقغيرمباشرمن خلال التحكمبالرقم الهيدروجيني للتربة. وتعد عملية الترسيبمن الميكانيكياتالمهمةفياحتفاظالتربةببعضالعناصرالثقيلة،فعندأيتركيزأقلمنحاصلالإذابةفإنبعضالعناصرالثقيلةتترسبعلىسطوحالكلس Calcite Surface ومن ثمتتخللببطءمكوناًمادةصلبةفيالمحلول. وهذه النتيجة تتفق مع ما توصلا إليه (Santillan-Medrano and Jurinak, 1975)فيالدراسةالتيقامابها حيث أوضحاأنالمتحكمفيذوبانيةالرصاصفيالتربالجيرية (كما هو عليه الحال في التربة B) هو كربونات الرصاص، وهذا يؤكد الدور الكبير لمحتوى التربة من كربونات الكالسيوم في تأثيرها على قيم الرقم الهيدروجيني الذي بدوره يؤثر في ذوبانية وتحرر مركبات الرصاص في التربة.

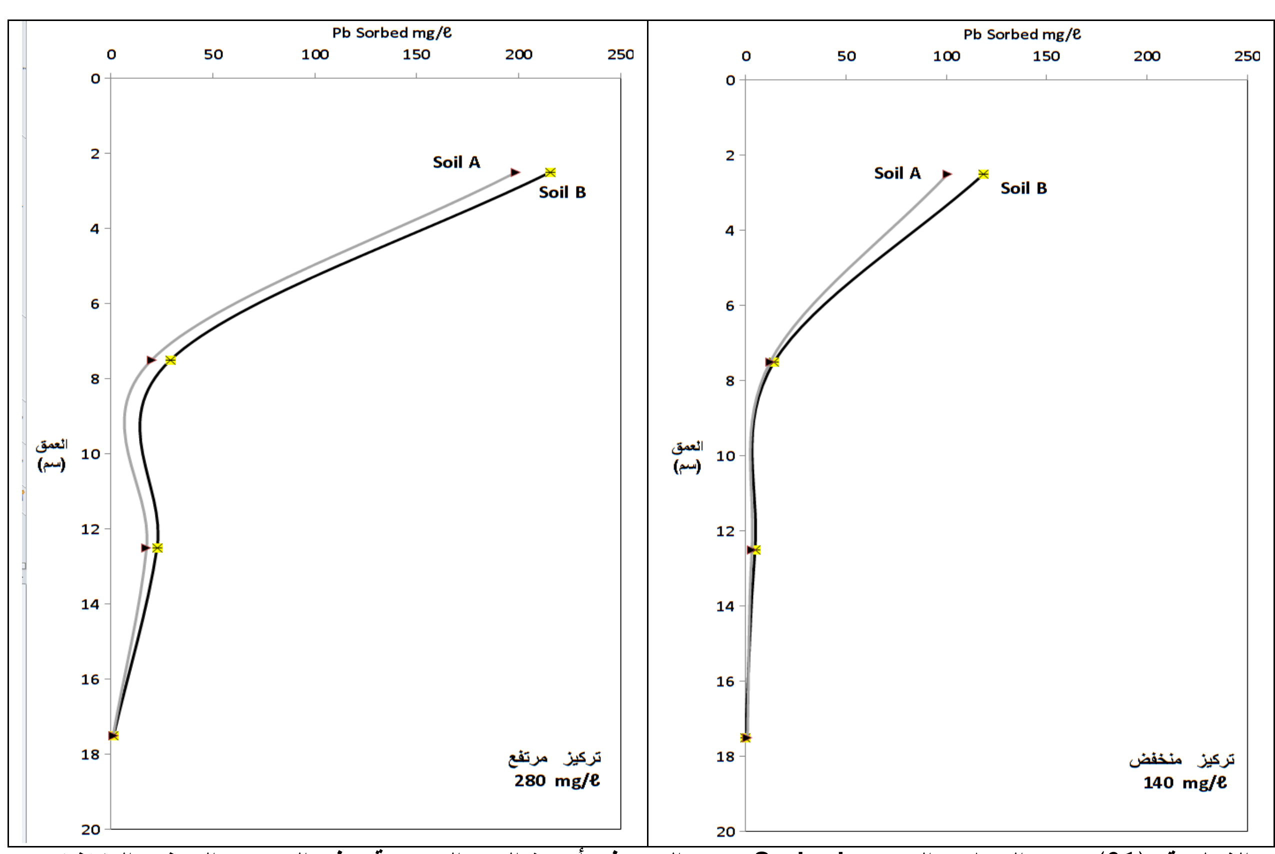
من جهة أخرى، من الممكنأنتتنافسالعناصرالثقيلةمعالكالسيومعلىمواقعالإدمصاصالسطحيةللتربة. وهذا ما أكدته البيانات في الجدول (25)، حيث ارتفعت قيم التوصيل الكهربائي في المياه الراشحة من أعمدة التربة نتيجة عمليات التبادل الأيوني بين أيونات الرصاص والكاتيونات المتبادلة. مما انعكس على كمية الرصاص في القراءات الأولى، قبل حصول الاتزان الكيميائي في القراءات المتتابعة بين الرصاص المدمص على سطح حبيبات التربة والرصاص الذائب في محلول التربة. حيث كما هو معروف فإن تفاعلات التبادل الأيوني تخضع إلى قانون الاتزان الكيميائي بين تركيز العنصر في المحلول وتركيزه في الطور الصلب.

جدول (25): تغيرات قيم التوصيل الكهربائي (EC) والرقم الهيدروجيني (pH) في الرشاحات الناجمة عن أعمدة الترب المغسولة بالمقارنة مع المحلول الأولي الملوث بالرصاص.

رقم القراءة	المحلول الراشح (سم^3)	التربة A (ضهر القصير)				التربة B (دير حافر)			
		التوصيل الكهربائي (dS.m^{-1}) EC		الرقم الهيدروجيني pH		التوصيل الكهربائي EC (dS.m^{-1})		الرقم الهيدروجيني pH	
		تركيز مرتفع	تركيز منخفض	تركيز مرتفع	تركيز منخفض	تركيز مرتفع	تركيز منخفض	تركيز مرتفع	تركيز منخفض
المحلول الأولي		1.34	1.24	7.24	7.46	7.24	1.24	7.24	7.46
1	300	1.55	1.39	7.01	7.19	1.78	1.65	7.68	7.82
2	600	1.45	1.29	7.11	7.26	1.62	1.42	8.01	8.11
3	900	1.25	1.21	7.19	7.44	1.39	1.33	7.81	7.92
4	1200	1.19	1.15	7.18	7.37	1.28	1.21	7.79	7.88
5	1500	1.21	1.16	7.15	7.41	1.29	1.22	7.67	7.75

توضح البيانات الموضحة في الشكل (31) إلى اختلاف كبير في توزع الرصاص المدمص في أعمدة التربة في نهاية التجربة، حيث تشير النتائج إلى القابلية الشديدة للرصاص للارتباط بسطح حبيبات التربة في السنتيمترات الأولى من العمود، وذلك من خلال القيم العالية للرصاص المدمص في الطبقة العليا (0 – 5 سم)للترب المدروسة، وخاصةً في التربة B، مما يجعل حركة هذا العنصر بطيئة جداً في الترب الجيرية. وقد أوضحت النتائج أن الرصاص

بطيء الحركة جداً في هذه التربة، وأن الحركة تركزت في طبقة الـ 5 سم العليا من العمود حيث كانت نسبة تركيز أيون الرصاص في هذه الطبقة تشكل حوالي 90% من تركيز أيون الرصاص في الطبقات التي تليها، حيث بدأ التركيز يقل مع زيادة العمق حتى تلاشى تماماً في نهاية أعمدة الترب الممثلة لتربة دير حافر (B).



الشكل رقم (31): توزع الرصاص المدمص Sorbed حسب العمق في أعمدة الترب المدروسة، وفي التركيزين المرتفع والمنخفض.

أوضحت النتائج أيضاً أن زيادة تركيز المحلول المضاف من الرصاص أدت إلى تعمق وانتشار ادمصاص أيون الرصاص إلى أعماق أكبر. فقد انتقل ادمصاص الرصاص إلى العمق الرابع (15 – 20 سم) في عمود التربة B في حال تطبيق التركيز المرتفع، بعد ما كان وجود الرصاص غائباً في هذا العمق عند التركيز المنخفض. أما في أعمدة التربة A فقد زاد معدل ادمصاص أيون الرصاص في الطبقة السطحية (0 – 5 سم) بشكل واضح عند الانتقال من التركيز المنخفض إلى التركيز المرتفع، بينما لم تكن هذه الزيادة بذات القدر في الطبقات تحت السطحية والطبقات العميقة، وربما يفسر هذا السلوك في التربة A إلى سرعة الجريان العالية للماء في أعمدة هذه التربة بالمقارنة مع سرعة الجريان في أعمدة التربة B(Miller *et al.*, 1989; Shimojima and Sharma, 1995).

مما تقدم يمكن القول أن حركية وانتقال الرصاص في التربة يخضع بشكل جلي إلى الخواص الفيزيائيةوالفيزيوكيميائية للتربة، والتي تتعلق بمحتواها من الطين، والذي يؤثر بدوره في حركة الماء ضمن المسام السائدة في التربة(Dzombak et al., 1994; Wu, 2004; Wang and Chen, 2003).فالترب التي تملك

نسبة مسام كبيرة على حساب نسبة المسام الدقيقة تجعل سرعة الرشح فيها عالية كما هو الحال في تربة ضهر القصير، مما يقلل من فرص التلامس بين أيونات الرصاص وسطوح حبيبات التربة (خاصةً في التراكيز العالية). وبالتالي تكون حركية وانتقال العناصر الثقيلة فيها كأيون الرصاص أوضح من مثيلاتها في الترب الطينية.

كما أن لمحتوى التربة من كربونات الكالسيوم أثراً فعالاً في تثبيت حركية أيونات الرصاص، وعدم تغلغلها إلى الطبقات العميقة، من خلال تكوين مركبات شحيحة الذوبان مثل كربونات الرصاص(Cowan et al., 1991)، والذي انعكس تأثيرها من خلال انخفاض كمية الرصاص الذائب في الترب الجيرية (كما هو الحال في تربة دير حافر). وأظهرت الدراسة أن الرصاص بطيئ الحركة جداً في التربة، وذلك من خلال تراكم معظم الرصاص المضاف عن طريق المياه الملوثة صنعياً في الطبقة العليا من أعمدة التربة. ولاشكأنهناكحيرةكبيرةمن الباحثين تجاهالمصيرالطويلالأجلللعناصرالثقيلة المتراكمةالتيتحتويهاروابسمياهالصرفالصحي وتأثيرها على التربة الزراعية.

الاستنتاجات و المقترحات

الاستنتاجات:

أولاً- بالنسبة لعينات المراكز العلمية

- أظهرت الدراسة انخفاض الرقم الهيدروجيني لعينات الصرف الناجمة عن بعض المراكز العلمية التابعة لجامعة حلب بشكل كبير، مما قد ينعكس على نوعية المياه في الشبكة العامة للصرف الصحي، وهذا ما يسبب مشاكل عديدة، منها قد يصيب الكائنات الحية بشكل مباشر.
- أوضحت الدراسة ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي لبعض العينات بشكل كبير يفوق الحدود المسموح بها ، كما هو الحال بالنسبة للعينات المأخوذة من كلية العلوم في شهر حزيران حيث وصل معدل التوصيل الكهربائي إلى نحو 13000ميكروسيمينز/سم.
- أشارت الدراسة إلى وجود تلوث واضح لمياه الصرف الناجمة عن كل المراكز العلمية بعنصر الموليبدنيوم حيث بلغ أعلى معدل لتركيزه في راكار العيادات السنية (0.719 mg/L).
- بينت الدراسة ارتفاع تركيز بعض العناصر الثقيلة في مياه الصرف الناجمة عن المراكز العلمية إلى مستويات فاقت الحدود المسموح بها، بحيث يمنع من وصولها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي حسب الحدود الموضوعة من قبل م.ق.س (2008/2580) كما هو الحال في الرصاص (4.39 mg/L) والكادميوم(0.331 mg/L) والنحاس(0.65 mg/L) والمنغنيز (0.92 mg/L)

ثانياً- بالنسبة لعينات مدخل ومخرج محطة الصرف الصحي

- بينت الدراسة أن الرقم الهيدروجيني لعينات مخرج المحطة أعلى من مثيلاتها في مدخل المحطة، وأظهرت الدراسة تقارب قيم الرقم الهيدروجيني على مدار العام فقد تراوحت بين (7.59 – 7.86) و(7.38-7.69) لمخرج المحطة ومدخل المحطة على الترتيب.
- أشارت الدراسة إلى ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي لعينات مخرج المحطة بالمقارنة مع عينات مدخل المحطة، وربما يعزى ذلك إلى ذوبان بعض الأملاح المترسبة في قاع حوض الرمل.

أوضحت الدراسة أن قيم الـCOD والـBOD لعينات مخرج المحطة أقل من مثيلاتها من عينات مدخل المحطة. وهذا دليل على أن حوض الرمل قادر على تخفيض الحمولات العضوية ، وهذا ما أوضحه معامل الازالة (RI) فقد تراوح بين (12.63%-89.42%) و (1.91%-89%) لـCOD والـBOD، على الترتيب.

ثالثاً- بالنسبة لعينات مخبر جهاز الامتصاص الذري

- أوضحت الدراسة ارتفاع تركيز الكلوريدات بشكل كبير في عينات مياه الصرف لجهاز الامتصاص الذري، وهذا يتفق مع المحاليل المستخدمة في هضم عينات التربة والنبات ، وكذلك مع نوع المحاليل القياسية التي تعتمد على أملاح الكلوريدات بشكل كبير.

- ارتفاع تركيز بعض العناصر الثقيلة بشكل كبير جداً كما هو الحال في الرصاص (3.2 mg/L) والكادميوم (0.48 mg/L) والموليبدنيوم (0.75 mg/L) والمنغنيز (0.77 mg/L) . وهذه التراكيز العالية تفوق الحدود المسموح بها في مياه الصرف المعالجة وغير المعالجة حسب (Metcalf and Eddy, 2007).

رابعاً-بالنسبة لحركية وإنتقال الرصاص ضمن التربة

- اوضحت الدراسة أن حركية وانتقال الرصاص في التربة يخضع بشكل واضح إلى الخواص الفيزيائية والفيزيوكيميائية للتربة، والتي تتعلق بمحتواها من الطين، والذي يؤثر بدوره في حركة الماء ضمن المسام السائدة في التربة.

- كما أن لمحتوى التربة من كربونات الكالسيوم أثراً فعالاً في تثبيت حركية أيونات الرصاص، وعدم تغلغلها إلى الطبقات العميقة، من خلال تكوين مركبات قليلة الذوبان مثل كربونات الرصاص، مما يخفض من كمية الرصاص الذائب في الترب الجيرية (كما هو الحال في تربة دير حافر).

- وأظهرت الدراسة أن الرصاص بطيئ الحركة جداً في التربة، وذلك من خلال تراكم معظم الرصاص المضاف عن طريق المياه الملوثة صنعياً في الطبقة العليا من أعمدة التربة..

وأخيراً

وبالرغم من أن الدراسة أشارت إلى انخفاض تركيز العناصر الثقيلة في عينات مدخل ومخرج المحطة عن الحدود الموضوعة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية رقم (2003/2752) ورقم (2008/2580) ومن قبل (Metcalf and Eddy, 2007). وبناءً على خصائص التراكم التي تتميز بها العناصر الثقيلة في النظام البيئي،خلصت الدراسة إلى ضرورة وضع ضوابط صارمة على المخابر والمراكز العلمية والمنشآت الاقتصادية المختلفة التي تقوم برمي فضلاتها في الشبكة العامة للصرف الصحي، والعمل على تركيب وحدات معالجة للحد من تلوث المياه واستدامتها من أجل اعادة استخدامها في ري الأراضي الزراعية.

المقترحات:

- ضرورة العمل على اقامة محطات معالجة في المنشآت الحكومية والمراكز البحثية العلمية التي تتطلب ذلك وإلزامها بالتركيب.
- دراسة تطوير مراقبة الهدارات بطرائق تكنولوجية حديثة تؤمن قراءات لبعض المؤشرات بشكل آلي مما يساهم في معرفة مواصفات مياه الصرف قبل دخولها لشبكة الصرف العامة، وتحديد المناطق الأكثر تلويثاً لمياه الصرف.
- لا شك أن هناك حيرة كبيرة من الباحثين تجاه المصير الطويل الأجل للعناصر الثقيلة المتراكمة التي تحتويها رواسب مياه الصرف الصحي وتأثيرها في التربة الزراعية. وهذا يتطلب المزيد والمزيد من الأبحاث في هذا السياق.

المراجع

1. A
bdel-Hady B.A., Hilal M.H., and Talha M. (2001).** Evaluation of possible heavy metal pollution on treated sewage water and soils allocated at El-Saff canal. J, of Environmental Sc., V.2, No. 3.
2. **Ahnstrom, Z.S., and D.R. Parker.1999**. Development and assessment of a sequential extraction procedure for the fractionation of soil cadmium. Soil Sci. Soc. Am. J., 63: 1650-1658.
3. **Al-Darby, A. M. and G. Abdel-Nasser. 2006**. Nitrate leaching through unsaturated soil columns: comparison between numerical and analytical solutions. J. Applied Sciences, 6(4):735-743.
4. **Al-Farraj, A.S. and M.I. Al-Wabel (2007).** Evaluation of soil pollution around MahadAD'Dahab Mine. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences6(2): 89-106.
5. **Alkorta, I., Hernandez-Allica, J., Becerril, J.M., Amezaga, I., Albizu, I. and Garbisu, C. 2004**. Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. Environmental Science and Bio/Technology. 3: 71–90
6. **Alloway, B. J. 1990.** "Heavy Metals in Soils". John Wiley and Sons, Inc. New York. Pp. 3-6.
7. **Alloway, B. J. and A. P. Jackson. 1991**.The behavior of heavy metals in sewage sludge-amended soils. Sci. Total Environ., 100: 151-176.
8. **Al-Rifai, M.N. 1988**.Irrigation of Damascus plain (the Ghouta) with polluted water from the river Barada. In treatment and use of sewage effluent for irrigation. FAO. Publication, page: 21-28.
9. **Andreini, M. S. and T. S. Steenhuis (1990).** Preferential paths of flow under conventional and conservation tillage. Geoderma, 46: 85-102.
10. **Arar, A. 1988**. Mangement aspects of the use of treated sewage effluent for irrigation: FAO, page: 46-74
11. **Awofolu, O. R. (2006).** Elemental contaminants in groundwater: A study of treace metals from residential area in the vicinity of industrial area in Lagos, Nigeria. Environmentailist, Lausanne, 26 (4): 285.
12. **Bahri, R.S. 1991**. Treated waste water and sewage sludge in Tunisia**,** FAO/WB publicstion. Page 1-6.
13. **Baker, A.J.M. and Brooks, R.R. 1989.** Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – a review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery1, 81–126.
14. **Baker, A.J.M., McGrath, S.P., Reeves, R.D. and Smith, J.A.C. 2000**. Metal hyperaccumulator plants: A review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal-polluted soils. In: Terry, N., Ban˜ uelos, G. and Vangronsveld, J. (Eds), Phytoremediation of contaminated soil and water. (pp 85–107). Lewis Publisher, Boca Raton, FL, USA.
15. **Baker, B.J. (1990).** Copper. In: "Heavy Metals in Soils". Edited by B.J. Alloway John Wiley and Sons, Inc. New York. Pp. 151-176.

16. **Barber, S.A. (1974).** Influence of the plant root on ion movement in soil. p. 522-569. In E.W. Carson (ed). The Plant Root and its Environment. Univ. Press of Virginia, Charlottesville
17. **Bergstrom, L and R. Johansson (1991).** Leaching of nitrate from monolith lysimeters of different types of agricultural soils. J. Environ. Qual., 20: 801–807.
18. **Bergstrom, L. (1990).** Use of lysimeters to estimate leaching of pesticides in agricultural soils. Environmental Pollution, 67: 325 – 347.
19. **Beven, K. and P.F. Germann.1982**. Macro-pores and water flow in soils.WaterResour. Res., 18: 1131-1325.
20. **Brooks, R.R. and Malaisse, F. 1989**. Metal-enriched sites in South Central Africa. In: A.J. Shaw, ed. Heavy metal tolerance in Plants: Evolutionary aspects. Pp53-73. CRC Press, Boca Raton, Fl.
21. **Brown, S.L., R.L. Chaney, J.S. Angle, and J.A. Ryan (1998).** The phytoavailability of cadmium to lettuce in long-term bios olids-amended soils. J. Environ. Qual., 27: 1071-1078.
22. **Cambreco, V. J., B. K. Richards., T. S. Steenhuis, J. H. Peverly, and M. B. McBride (1996).** Movement of heavy metals through undisturbed and homogenized soil columns. Soil Sci., 161: 740-750.
23. **Camur, M.Z. and H. Yazicigil (2005).** Laboratory Determination of Laboratory Determination of Multicomponent Effective Diffusion Coefficients for Heavy Metals in a Compacted Clay, Turkish Journal of Earth Science, 14: 91-103.
24. **Chakraborti,D., Mukherjee, S., Pati, S., Sengupta, M., Rehman, M., Chowdhury, U., Lodh, D., Chanda, C., Chakraborti, M.A.andBasu, G. 2003.** Arsenic groundwater contamination in middle Ganga Plain, Bihar, India: a future danger. Environmental Health Perspective. 111: 1194–1202.
25. **Chaney, R. L. and J.A. Ryan (1993).** Heavy metals and toxic organic pollutants in MSW- composts: Research results on phytoavailability, bioavailabity, fate, etc. p. 451-506. In: H.A.J. Hoitink and H.M. Keener (ed.). Science and Engineering of Composting: Design, environmental, microbiological and utilization aspects. Renaissance Publ., Worthington, OH.
26. **Chang, A.C., H. N. Hyun, and A.L. Page (1997).** Cadmium uptake for Swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: Plateau or time bomb? J. Environ. Qual., 26: 11-19.
27. **Christensen, T. H. (1989).** Cadmium soil sorption at lo w concentration: VIII. Correlations with soil parameters. Water, Air, and Soil Pollution, 44: 71-82.
28. **Christensen, T. H.1984.** Cadmium soil adsorption at low concentrations:1. Effect of time, cadmium load, pH and calcium.Water, Air and Soil Pollution, 21: 105-114.
29. **C humpley, C.G. (1971**).permissible levels of toxic metals in sewage on used agriculture alland .ADAS Advisory paper No, 10., MAFF, London
30. **Corey, R.B., R. Fujie and L.L. Hendrickson (1981).** Bioavailability of heavy metals in soil-sludges systems. P.449-465. In Proc. 4 th Ann. Conf. Applied Res. & Practices on Municipal &Industria l Waste, 28-30 sept. 1981. Univ, of Wisconsin-Extension, Madison.
31. **Cosio, C. and Keller, C. 2004**. Hyperaccumulation of cadmium and zinc in Thlaspicaerulescens and Arabidopsis halleriat the leaf cellular level. Plant Physiol. 134: 716-725.

32. **Cotteni, A., Verloo, M., and Camerlynck R. (1982):** Biological and analytical aspects of soil pollution. Laboratory of Analytical and Agrochemistry. State University, Ghent-Belgum.
33. **Cowan C.E., J.M. Zachara, C.T. Resch (1991).** Cadmium adsorption on iron oxides in the presence of alkaline-earth el ements. Environ. Sci. Technol., 25:437-446.
34. **Cresser, M., K. Killham and T. Edwards (1993).** Soil Chemistry and its Applications. Cambridge Un iversity Press. 192 pp. Czarnes, S., P.D. Hallett., A. G.
35. **Czarnes, S., P.D. Hallett., A. G. Bengough and I. M. Young (2000).** Root and microbial derived mucilages affect soil structure and water transport. Eur. J. Soil Sci., 51: 435-443.
36. **De Matos, A.T., M.P.F. Fontes, L.M. da Costa and M.A. Martinez. 2001**. Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils . J. Environ. Pollution, 111: 429-435.
37. **Dhillon, K. S., S.K. Dhillon. 1999.** Adsorption-desorption reaction of selenium in some soils of India. Geoderma, 93:19-31.
38. **Di Baccio, D., Tognetti,R., Sebastiani, L. And Vitagliano, C. 2003.** Responses of Populusdeltoides×PopulusNigra (Populuseuramericana) clone I-214 to high zinc concentrations. New Phytologist. 159: 443–452.
39. **Dowdy, R. H. , J. J. Latterel, T. D. Hines ly, R. B. Grossman and D. L. Sullivan (1991).** Trace metal movement in an aerobic Ochraqualf following 14 years of annual sludge application. J. Environ. Qual., 20: 119-123.
40. **Dunnivant, F.M., P.M. Jardine, D.L. Taylor, and J. F. MacCarthy (1992).** Cotransport of cadmium and hexachlorobiphenil by dissolve d organic carbon through columns containing aquifer mate rial. Environ. Sci. Technol., 26: 360-368. Dzombak, D. A., P. K. Rosetti, C.
41. **Dzombak, D. A., P. K. Rosetti, C. R. Evanko, and R. F. Delisio (1994).** Treatment of Fine Particles in Soil Washing Processes. In: Proceedings of the Specialty Conference on Innovative Solutions for C ontaminated Site Management, Water Environment Federation. Alexandria, VA., pp. 473-484.
42. Effects of flyash sewage sludge amendment on transpor t of metals in a loamy soil Un. In: I. K. Iskander et al., editor. Fourth In t. Conf. on the Biogeo chemistry of trace elements, Berkeley, CA, p.25-6.
43. **El Salem S. and M. Talhouni, 1988**. Planning and strategy of water and waste water reuse- Jordan. In FAO PUBLICATION 1988. PAGES 258-263.
44. **Emmerich, W.E., L.J. Lund, A. Page and A.C. Change (1982).** Movement of heavy metals in sewage sludge-treat ed soils. J. Environ. Qual., 11:174-178.
45. **Eriksson, J. E. (1989).** The influence of pH, soil type, and time on adsorption and uptake by plants of Cd a dded to the soil. Water, Air, and Soil Pollution, 48: 317-335.
46. **FAO, 1997**.Seawater Intrusion in Coastal Aquifers: Guidelines for study, Monitoring and Control. FAO, Rome, Italy.
47. **FAO. 2001.**Experience of Food and Agriculture Organization of the United Nations on wastewater reuse in the Near East region: Proc. Regional Worksh. on Water Reuse in the Middle East and North Africa, Cairo, Egypt. 2–5 July 2001. FAO, Rome
48. **FAO. 2003**. Agriculture, food and water. A contribution to the World Water Development Report. FAO ,Rome

49. **Filius, A., T. Streck and J. Richter. 1998**. Cadmium sorption and desorption in limed topsoils as influenced by pH: Isotherms and simulated leaching. J. Environmental Quality, 27: 12-18.
50. **Forstner, U. (1991).** Soil pollution phenomena-mobility of heavy metals in contaminated soil. C. F. Bolt et al., 1991. Interaction at the soil colloid-soil solution interface. Kluwer Academic Publish. Dordrecht. Boston, London.
51. **Forstner, U. (1995).** Land contamination by metals-global scope and magnitude of problem. In: Allen, H.G., Huang, C.P., Bailey, G.W., and Bowen, A.R. (Eds.), "Metal speciation and contamination of soil". CRC Press, Boca Raton, FL, Pp. 1-34
52. **Frenkel, H., U. Vulkan, U. Mingelgrin, U. Ben-Asher (1997).** Transport of sludge- borne copper and zinc under saturated c onditions. In: Iskander, I. K. et al. editors. Extended abstracts, fourth Intern ational conf. on the Biogeochemistry of trace elements, Berkeley, CA, p. 149 [June].
53. **Garbarino, J.R., Bednar, A.J., Rutherford, D.W., Beyer, R.S. and Wershaw, RL 2003.** Environmental fate of roxarsone in poultry litter. I. Degradation of roxarsone during composting. Environ. Sci. Technol. 37: 1509-1514.
54. **Garcia G, Faz, A. and Cunha, M. 2004.** Performance of Piptatherummiliaceum(Smilo grass) in edaphic Pb and Zn phytoremediation over a short growth period. Int. Biodeter.andBiodeg. 54:245-250.
55. **Gardea-Torresdey, J.L., de la Rosa, G., Peralta-Videa, J.R., Montes, M., Cruz-Jimenez, G.and Cano-Aguilera, I. (2005)** Differential uptake and transport of trivalent and hexavalent chromium by tumbleweed (Salsola kali). Arch Environ ContamToxicol. PMID:15696348.
56. **Gasser, U. G., S. L. Juchler. and H. Sticher (1994).** Chemistry and speciation of soil water from serpentinitic soils: Importance of colloids in the transport of Cr, Fe, Mg, and Ni. Soil Sci., 158: 314-322.
57. **Goh, K. H., and T. T. Lim (2004).** Geochemistry of inorganic arsenic and selenium in a tropical soil: effect of reaction ti me, pH, and competitive anions on arsenic and selenium adsorption. Chemosphere, 55: 849-859.
58. **Gray, C.W., McLaren, R.G. Roberts, A.H.C and Condron, L.M. (1999).** The effects of long-term phosphaticfertilizer applications on the amounts and forms of cadmium in soils under pasture in New Zealand. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 54(3): 267-277.
59. **Gray, C.W., McLaren, R.G. Roberts, A.H.C and Condron, L.M. (1999).** The effects of long-term phosphaticfertilizer applications on the amounts and forms of cadmium in soils under pasture in New Zealand. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 54(3): 267-277.
60. **Hamilton, A.J., F. Stagnitti, X. Xiong, S. L. Kreidl and K. K.Benke. 2007.**WastewaterIrrigation:The State of Play. Vadose zone journal . Vol. 6, No. 4
61. **Han, F.X., Banin, A., Su, Y., Monts, D.L., Plodinec, M.J., Kingery, W.L. and Triplett,G.E. 2002.** Industrial age anthropogenic inputs of heavy metals into the pedosphere, Naturwissenschaften89: 497–504.
62. **Hernandez, L., A. Probst, and E. Ulrich (2003).** Heavy metal distribution in some French forest soils: evidence for atmospheric contamination. Science of the Total Environment, 312(1-3): 195-219
63. **Hesse, P.R. 1971**.A text book of soil chemical analysis. Chemical publishing Co. Inc. New
64. York, USA.

65. **Hilal M.H., (2000).** Prospects of magnetic treatment of irrigation water in Egyptian Agriculture. Egyptian Soil Sc. Soc. Golden Jubilee Congress,Oct., (2000). Plenary Lecture (11).
66. **Hilal M.H., Shafei A.M., and Taalab A.S. (2000).**Deterioration of Egyptian soils due to pollution factors:I- Statistical evaluation of heavy metal pollution of Egyptian soils. Egyptian Soil Sc. Soc., Golden Jubilee Congress, Cairo, (April-2000).
67. **Hilal, M. H. and Res. Teem (1995)** .Evaluation of Soil Deterioration In Egypt due to pollution Factors. Technical Report, Egyptian. Acad. Of Sci. Res.
68. **Hilal, M. H. and Res. Teem (1995):** Evaluation of Soil Deterioration In Egypt due to pollution Factors. Technical Report, Egyptian. Acad. Of Sci. Res.
69. **Horckmans, L., R. Swennen, J. Deckers, and R. Maquil (2005).**Local background concentrations of trace el ements in soils: a case study in the Grand Duchy ofLuxembourg.Catena,59(3):279-304
70. **Jackson, M.L. 1965.**Soil Chemical analysis. An advanced Course. 2nd Ed. Published by the author. University of Wisconsin, Madison, WI. 895
71. **Jansson, G. (2002).** Cadmium in arable soils. The influence of soil factors and liming. Doctoral thesis. Agraria 341. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala.
72. **Kabala, C., and B.R. Singh (2001).** Fractionation and mobility of copper, lead and zinc in soil profiles in the vicinity of copper smelter. J. Environ. Qual., 30: 485-492.
73. **Karathanasis, A.D., D. M. C. Johnson and C. J. Matocha (2005**). Biosolid mediated transport of copper, zinc and l ead in waste-amended soils. J. Environ Qual., 34: 1153-64.
74. **Kasap, Y., S. Irmak and H. Gunal (1999).** Path analysis of some heavy metal adsorption by soil. Proceedings of fourth international Conference on Precision Agriculture. ASA-CSSA-SSSA. Madison, USA.
75. **Keller, C., and D. Mavrocordatos (1997).** Particulate matter and transfer of trace elements in the soil solution od podzp l: Semi-Quantitative and Qualitative approaches. P. 373-382. In: R Prost (ed.) Contaminated soils. Colloque 85. INRA Editions, Paris. Kelling, K.A., D.R. Keeney, L.
76. **Kookana, R.S., R. Naidu, D. A. Barry, Y. T. Tran, and K. Bajracharya. 1999**.Sorption-Desorption equilibria and dynamics of Cadmium during transport in soil. In: Fate and Transport of Heavy Metals in the Vadose Zone. Selim, M. and Iskandar, K. (eds.) 1stEd. Lewis Publishers. Pp.59-90.
77. **Krishnamurti, G. S. R., P. M. Huang and L. M. Kozak (1999).** Sorption and desorption kinetics of cadmium from soils: influence of phosphate. Soil Sci., 164: 888-898. Lacastu R, C. Rauta, S. Ca
78. **Lambert, M., G. Pierzynski, L. Erickson, and J. Schnoor (1997).** Remediation of lead, zinc and cadmium contaminated soils. Issues in Env. Sci. Tech., 7: 91-102.
79. **Langmuir, D. P. Chrostowski, R. Chaney, and B. Vigneault (2003).** Issue Paper on the Environmental Chemistry of Metals U.S. Environmental Protection Agency. Risk Assessment Forum, NW Washington, DC20460
80. **Lepp, N.W. 1981**. Effect of Heavy Metal Pollution on Plants, volume1: Effects of trace metals on plant functions. Applied Science Publishers. London:
81. **Logan, T.J., B.J. Harrison, L.E. Goins, and J.A. Ryan (1997).** Field assessment of biosolids metal bioavailabity to crop: Sludge rate response. J. Environ. Qual., 26: 534-550.

82. **Lombi, E., Tearall, K.L., Howarth, J.R., Zhao, F.J., Hawesford, M.J. and McGrath, S.P. 2002b.** Influence of iron statuson cadmium and zinc uptake by different ecotypes of the hyperaccumulatorThlaspicaerulescens. Plant Phyiol128: 1359-1367.
83. **Lothenbach, B., G. Furrer and R. Schulin. 1997**. Immobilization of heavy metals by polynuclear aluminum and montmorillonite compounds. Environ Sci. Technol., 31: 1452-1462.
84. **Lupankwa, K., Love, D., Mapani, B.S. and Mseka, S. 2004**. Impact of a base metal slimes dam on water systems, Madziwa Mine, Zimbabwe. Physics Chem. Earth. 29: 1145-1151.
85. **Ma, L.Q., K.M. Komar, C. Tu, W. Zhang, Y. Cai, and E.D. Kenelley. 2001**. A fern that hyperaccumulates arsenic. Nature 409: 579.
86. **MacFarlane, G. R., and Burchett, M. D. 2002**. Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the grey mangrove Avicennia marina (Forsk.) Vierh. Mar. Environ. Res. 54 (1): 5–84.
87. **Malaisse, F., Baker, A.J.M. And Ruelle, S. 1999.** Diversity of plant communities and leaf heavy metal content at Luiswishi copper/cobalt mineralization, Upper Katanga, Dem. Rep. Congo. Biotechnol.Agron.Soc.Environ. 3 (2): 104–114.
88. **Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants, 2nd ed. London, UK: Academic Press.
89. **Maskall, J., K. Whitehead, and I. Thornton (1995).** Heavy metal migration in soils and rocks at historical smelting sites. Environ. Geochem. Health, 17: 127-138.
90. **McBride, M. B. (1995).** Toxic metal accumulation from agricultural use of sludge: Are USEPA regulations protective? J. Environ. Qual., 24: 5-18.
91. **McBride, M.B. (1999).**Chemisorptions and precipitation reactions. p. B256-B302. In: M.E. Summer (ed.) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton. FL.
92. **McBride, M.B. 1980**.Chemisorption of Cd2+on calcite surfaces. Soil Sci. Soc. Am. J.,44: 26–28.
93. McGrath, S. P., F. J. Zhao, S. J. Dunham, A. R. Crosland, and K. Coleman (2000). Long-term changes in the extractability and bioavailability of zinc and cadmium after sludge application. J. Environ. Qual., 29: 875-883.
94. **McLaughlin, M.J. 2001**. Ageing of metals in soils changes bioavailability. Environ.Risk Assess., 4: 1-6.
95. **Miller, D. M., M. E. Sumner and W. P. Miller (1989).** A comparison of batch- and flow-generated anion adsorption isotherms. Soil Sci. Soc. Am. J., 53: 373-380.
96. **Miller, E.R., Lei, X. and Ullrey, D.E. 1991.** Trace elements in animal nutrition. In: Micronutrients in Agriculture' 2nd edn. (J. J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, eds.) pp, 593-662. SSSA Book Series No. 4, Madison, WI.
97. Naidu , R., R. S. Kana, D. P. Oliver, S. Rogers, and S. Mclaughin (1996). Contaminants and the Soil Environment in the Austealasia-Pacific region. Kluwer Academic Publishers, London. Navarro-Pedreno, J., M. B. Almendro-Cand el., M. M. Jordan-Vidal, J. Mataix-
98. Navarro-Pedreno, J., M. B. Almendro-Cand el., M. M. Jordan-Vidal, J. Mataix- Solera, and E. Garcia-Sanchez. (2003). Mobility of cad mium, and

nickel through the profile of calcisol treated w ith sewage sludge in the southeast of Spain. Environ. Geol., 44: 545-553

99. **Neustadt, J. and Pieczenik, S. (2007) .**Heavy-Metal Toxicity—With Emphasis on Mercury. Integrative Medicine • Vol. 6, No. 2.
100. **Oliver, M.A. (1997)**. Soil and human health: A review Euro. J. Soil Sci., 48 : 573 –592.
101. **Page, A.L.; R.H .Miller and D.R. Keeney. 1982**.Methods of Soil analysis. (part 2) in the Agronomy Series. Amer. Soc. of Agron. Madison.,Wisc., USA.
102. **Parakash, O., A. K. Alva, K. S. Sajwanm and W. H. Ornes (1997).**
103. **Piper,C. S.1950**. **Soil and Plant Analysis**. Inter. Science Pupl., Inc. NewYork, U.S.A.
104. **Raikhy N. P. and P. N. Takkar (1983).** Zinc and copper adsorption by a soil with and without removal of carbonates. J. Indian Soc. Soil Sci., 31: 611-614.
105. **Rainwater, F.H. and L.L. Thatcher. 1979**. Methods of collection and analysis of water samples. Geological Survey Water-Supply Paper. No. 1454 Washington.
106. **Reeves, R.D. 1992.** The hyperaccumulation of nickel by serpentine plants. In: Baker, A.J.M., Proctor, J. and Reeves, R.D., eds. The Vegetation of ultramafic (serpentine) soils. Proceedings of the First International Conference on Serpentine Ecology. Andover: Intercept, 253–277.
107. **Richards, B. K., T. S. Steenhuis, H. J. Peverly, and M. B. Mcbride (1998).** Metal mobility at an old heavily loaded sludge application site. Environ. Pollut., 99: 365-377.
108. **Richards, L.A. (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No. 60, Indian Edition, Published by Prinlar for Oxford and IBH publishing Co. 66, Janpath New Delhi, India
109. **Riffaldi, R., R. Levi-Minzi, A. Saviozzi and M. Tropea (1983).** Sorption and release of Cadmium by some sludges. J. Environ. Qual., 12: 253-256.
110. **Robson, A.D., Reuter, D.J., 1981**. Diagnosis of CopperDeficiency and Toxicity. In: Loneragan, J.F., Robson, A.D., Graham, R.D. (Eds.), Copper in Soils and Plants. Academic Press, London, p.287-312.
111. **Sahi, S.V., Bryant, N.L., Sharma, N.C. and Singh, S.R. 2002.** Characterization of a lead hyperaccumulator shrub, Sesbaniadrummondii. Environ SciTechnol 36: 4676- 4680.
112. **Samsoe-Petersen, L, E.H. Larsen, P. B. Larsen, and P. Bruun (2002).** Uptake of trace elements and PAHs by fruit and vegetable from contaminated soils Environ. Sci. Technol., 36: 3057-3063.
113. **Santillan-Medrano, J., and J. J. Jurinak. 1975**. The chemistry of lead and cadmium in soil: Solid phase formation. Soil Sci. Soc. Am. J.,39:851–856.
114. **Satarug, S. , Baker, J.R., Urbenjapol, S., Haswell-Elkins, M., Reilly, P.E.B., Williams, D.J.andMoore, M.R. 2003**. Aglobal perspective on cadmium pollution and toxicity in non-occupationally exposed population, Toxicol. Lett. 137:65–83.
115. **Sawhney, B.L., G.J. Bugbee, and D.E. Stilwell (1995).** Heavy metals leachability as affected by pH of compost-amended growth medium used in container-growth rhododendorms. Compost Sci. Util., 3: 64-73.
116. **Schroeder, H.A., and Balassa, J.J. (1963).** Cadmium: Uptake by vegetables from superphosphate and soil. Science (Washington, DC) 140 : 819 – 820. Science.,9: 13-42.
117. **Schulin, R., P. J. Wierenga, H. Fluhler and J. Leuenberger (1995).** Solute transport through a stony soil. Soil Sci. Soc. Am . J., 51: 36-42.

118. **Schutzendubel, A. and Polle, A. 2002**. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. J. Exp. Bot. 53: 1351–1365.
119. **Selim, H. M., B. Buchter, C. Hinz and L. Ma. 1992**. Modeling the transport and retention of cadmium in soils: Multi-reaction and multi-component approaches. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 1004-1015.
120. **Shafei, A.M., Taalab A.S., and Hilal M.H., (2001).** Deterioration of Egyptian soilsdue to pollution factors: II-Mobility and fate of biotoxic heavy metals in soils. AL-Azhar J. Of Agric. Res., Vol. 34, (Dec.) .
121. **Shahin, R.R., Abdel-Aal, S.I., and Abdel Hamid, M.A. (1988).** Soil contamination with heavy metals by industrial activities at Helwan. Egyptian J. Soil Sci. 28, No. 4.
122. **Shao, M., R. Horton and K. Miller (1998).** An Approximate Solution to the Convection Dispersion Equation of Solute Transport in Soil. Soil Sci., 163: 339-345.
123. **Shimojima, E. and M. L. Sharma. (1995).** The influence of pore water velocity on transport of sorptive and non-sorptive chemicals through an unsaturated sand. J. Hydrol., 164: 239-261.
124. **Smith, S.R. (1997).** Long-term effect of zinc, copper and nickel in sewage sludgetreated agricultural soil. p. 691-692. In I. K. Iskandar et al. (ed.) Proc. of Extended Abstr. From the 4th Int. Conf. on the Biogheochem. of Trace Elements, Berkeley, CA. 23-26 June 1997. CRREL, Hanover, NH.
125. **Sockrat, P.O., K. Meeus-verdinne, and R. Deborger (1983).** Mobility of heavy metals in polluted soils near Zn smelters. Water, Air and Soil Pollut., 20: 451-463.
126. **Stalikas, C. D., A. Mantalovas; and G. A. Pilidis (1997).** Multi-element concentrations in vegetable species grown in two typical agricultural areas of Greece. Sci. Total Environ., 206: 231-235.
127. **Stevenson, F. J. 1994.**Humic Chemistry Genesis, Reactions. 2nd Ed. John Wiley and Sons, Inc, New York. 496 pp.
128. **Tang, S.R., Wilke, B.M., Huang, C.Y., 1999**. The uptake of copper by plants dominantly growing on copper mining spoils along the Yangtze River, the People’s Republic of China. Plant and Soil, 209:225-232.
129. **Thanh, N.C., and Visvanathan, C. 1991**. Waste water reuse gains momentum in Mediterranean and iddle Eastern region. Waste water newsletter Configure Publication – pages19-26.
130. **Thompson, M. L., and R. L. Scharf (1994).** An improved zero-tension lysimeter to monitor colloid transport in soils. J. Environ. Qual. 23: 378-383.
131. **Tiller, K.G. 1989**. “Heavy Metals in Soils and their Environment Significance”. Adv. Soil Sci. 9: 113-142.
132. **Tom, J. and Miles, A.M. 1935**. Brief authentic history of St. Francois County, Missouri. In: Tom, J. and Miles, A.M., (eds). The Farmington News, Farmington, MO. As cited by *Peer, et.al. 2003*.
133. **Tom, J. and Miles, A.M. 1935**. Brief authentic history of St. Francois County, Missouri. In: Tom, J. and Miles, A.M., (eds). The Farmington News, Farmington, MO. As cited by Peer, et.al. 2003.
134. **Van CappelleP., L. Charlet, W. Stumm and P. Wersin (1993).** A surface complexation model of the carbonate mi neral-aqueous solution interface. Geochimica et CosmochimicaActa, 57(15): 3505-3518.

135. **Venkatarayappa, T., Tsujita, M.J. and Murr, D.P. 1980**. Influenceof cobaltous ion (Co2+) on the post harvestbehaviour of “Samanta” roses. J. Am. Soc. Hort. Sci. 105: 148-151.
136. **Wang, M.C., and H.M. Chen. (2003).** Forms and distribution of selenium at different depths and among particle size fractions of three Taiwan soils. Chemosphere, 52: 585-593.
137. **Wang, Y. and Greger, M. 2004**. Clonal differences in mercury tolerance, accumulation, and distribution in willow. J EnironQual33 (5):1779-1785.
138. **Warric, A.W.(ed.). (2002).** Soil Physics Companion. CRC PRESS. New York. Welp, G. and G.W.
139. **Wintz , H., Fox, T and Vulpe, C. 2002**. Functional Genomics and Gene Regulation in Biometals Research: Responses of plants to iron, zinc and copper deficiencies. Biochemical Society Transactions. 30 (4): 766-768.
140. **Wong, J. W. C., Lai, K. M., Su, D. S. and Fang, M. 2001**. Availability of Heavy Metals for Brassica ChinensisGrown in an Acidic Loamy Soil Amended with a Domestic and an industrial sewage Sludge; Water Air and Soil Pollution. 128: 339-353.
141. **World Health Organization. 2006.**Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Vol. 2. Wastewater use in agriculture. WHO,Geneva, Switzerland.
142. **Wu, L. (2004).** Review of 15 years of research on ecotoxicology and remediation of land contaminated by agricultural drainage sediment rich in selenium. Ecotoxicol. Environ. Saf., 57: 257-269.
143. **Zhao, F.J., S.J. Dunham, and S.P. McGrath (1997).** Lessons to be learned about soil-plant metal transfer from the 50 th-year sewage sludge experiment at Woburn, UK. p. 693-694. In : I. K. Iskander et al. (ed.) Proc. of extended Abstr. From the 4 th Int. Conf. on the Biogheochem. of Trace Elements, Barkeley, CA, 23-26 June 1997. CRREL, Hanover, NH.

المراجع العربية

1. أكساد، 2002– **الموارد المائية غير التقليدية في الوطن العربي**– *منشورات المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم* ،صفحة 1– 52.
2. الجيلاني ،عبدالجواد،1998–ندوة حول تقنيات معالجة وإعادة استخدام المياه العادمة في الفترة ما بين 25 . 26 تشرين الثاني. دمشق، سوريا.
3. الحايكنصر، 1990ـ**تلوث المياه وتنقيتها**.ديوانالمطبوعاتالجامعية،جامعةقسطنطينة،الجزائر، 173صفحة.
4. حسين، عيسى حمدي و إبراهيم فؤاد عبد الرزاق. 2005–**التلوث البيئي وأثره على الأسماك**. مجلة أسيوط للدراسات البيئية، العدد /28/.
5. الخطيب، أحمد. 2004–**سلسلة البيئة والتلوث – تلوث التربة**. المكتبة المصرية للطباعة والنشر والتاوزيع– مصر.
6. دركلت، أحمد.جلب، بدر الدين. وبدا، مصطفى.2007–**تأثير الري بالمياه العادمة على ملوحةالتربة في محافظة ادلب**،مجلة بحوث جامعة حلب – سلسلة العلوم الزراعية . العدد (65).
7. طرابلسي، بشار. 2013– **تقييم أثر الغمر بالمياه العادمة في درجة تلوث ترب منطقة السيحة بفلزات العناصر الثقيلة في سهول حلب الجنوبية**. رسالة ماجستير، قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي، كلية الهندسة الزراعية، جامعة حلب، عدد الصفحات 71 صفحة.
8. عباس، جميل والضرير، عبد الناصر وعلي، محمد.2008–**تأثير عمليات الري بمياه الصرف الصحي على تراكيز العناصر الثقيلة في نباتات وترب سهول جنوب حلب (زيتان ـ الزربة)**.مجلة بحوث جامعة حلب / سلسلة العلوم الزراعية . العدد (70).
9. العبد الله، عمر.2012–**أثر إضافة بعض المحسنات الطبيعية في الترب المعاملة بمخلفات الصرف الصحي على حركية بعض العناصر الثقيلة**– رسالة دكتوراه–كلية الزراعة–جامعة حلب.
10. عبدالباري،السيدعبد النور. 2000–**تلوثالبيئة – الأرضوالنبات**.دارالنشرللجامعات، مصر.
11. عبدالصبور ،ممدوح.2000–**تلوث البيئة وصحة الإنسان (المبيدات –العناصر الثقيلة)**.مكتبة دار النهضة، مصر.
12. عجيب،شفيقة.2002ـ**دراسةالتلوثالجرثوميوالكيميائيالناجمعنالأنشطةالزراعيةوالصناعيةوالصرفالصحيفينهرالكبيرالشماليوسدبلوران**.رسالة ماجستير كلية الزراعة، جامعة تشرين.
13. قاسمو، برهان. 2009–**إعادة استعمال مياه الصرف الصحي في الري جنوب مدينة حلب**. دراسات المؤسسة العامة لاستصلاح الأراضي، وزارة الري.

14. القدور، محمد باهر؛ بهلوان، محمد حسام؛ هولدريش لفانك. 2011–**تثبيت المعادن الثقيلة بالرواسب الطبيعية (الزيوليتات – الصخر الفوسفاتي)**. مجلة بحوث جامعة حلب – سلسلة العلوم الزراعية . العدد (70).

15. اللبدي، علي ميدي،1989–**الموارد المائية غير التقليدية في الوطن العربي** – منشورات المنظمة العربية للتنمية والثقافة والعلوم، صفحة 1– 52.

16. المواصفة السورية رقم /2752/ الخاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة المستخدمة في الري، والصادرة من قبل هيئة المواصفات والمقاييس السورية لعام (2003).

مراجع الانترنت

http/www.el-ard.com/subfolders,2002

تلوث التربة الزراعية- معهد بحوث الأراضي والمياه والبيئة- مصر
http://www.almiah.com/?showthread.2005

Summary:

The Importance of this search was to assessing pollutants quality which were found in sewers of analytical laboratory or different clinics at university of Aleppo. Most important chemical parameters for this wastewater were compared with wastewater which were collected from sediments basins at Al-sheikh Saaid sewage water station. Also, the efficiency of station in purring some poll were determined by comparing the specifications of water samples pre and post station. In this way, we should follow the scientific method to obtain the effect of sewage sludge water on the sustain of use in agriculture, through study the dynamic transmission lead in soil. Laboratory experiment were conducted by using soil columns. The artificially contaminated water of through columns was pass at two levels of lead concentrations. Four stages were followed to lay out of this study:

1- First phase: the study of chemical characteristics of sewers waters for university of Aleppo centers.
2- Second phase: the study and evaluation the public network Aleppo city sewers, and determine the efficiency of Al-sheikh Saaid sewage water station at 2011.
3- Third phase: evaluation the sewage water from atomic absorption advice at faculty of agriculture laboratory (case study).
4- Fourth phase: study of kinetics and transport of lead at tow Syrian soil types.

The results were as follow:

1- The study of chemical characteristics of wastewater in resulting from some scientific centers in the university of Aleppo:

We selected for scientific centers at Aleppo University: regar of university hospital, regar of dentinal clinics at Dental faculty, regar of science faculty, regar of agriculture faculty). New sewage water samples from laboratory and clinics were collected weekly through three months at first half of 2011 year. Fixed five dates at each month were determined to take samples. The months which selected were April, May and June which were selected as high, medium and low laboratory activity respectively. Samples analyzing showed that:

- pH degree for sewage water samples were very low, which may affect the water specification in general sewage sludge net, and may cause some problems, as direct effect on viral objects.
- The study showed the elevation of EC values at some samples more than permitted values. This case were found in samples which were selected from science faculty laboratory at June, the EC value was 13000 MicroSimens/cm.

- Water samples were clearly contaminated by molybdenum element, highest concentration (0.719 mg/l) were showed at reagr of dental clinics.
- Some heavy metals concentrations were highest than permitted values, and it forbidden to throughout this concentrations by organization for standardization standards No.2580 for 2008. As lead (4.39 mg/l), cadmium (0.331 mg/l), copper (0.65 mg/l) and manganese (0.92 mg/l).

2- The study and evaluation the general Aleppo city sewers, and determine the efficiency of Al-sheikh Saaid sewage water station at 2011.

Two site were selected at Al-sheikh Saaid station to take samples before and after station, by aiming compare sewage water quality between Aleppo university scientific centers and sewage water at Al-sheikh Saaid station. And two evaluation the efficiency of station. The results showed:

- Samples pH values after station were highest than samples before station. The study showed that pH values were similar through year, they were 7.38-7.69 at samples before station and 7.59-7.86 at samples after station.
- Samples EC values after station were highest than samples before station. These may be because soluble some salts which were precipitated at below sand basin.
- The COD and BOD values at samples after station were less than samples before station. This indicate that sand basin can minimize organic loads. And this was cleared when estimate removal indices (RI) which was between (12.63%-89.42%) and (1.91%-89%) for COD and BOD respectively.

3- Evaluation the sewage water from atomic absorption advice at faculty of agriculture laboratory (case study).

Water samples from sewage water of atomic absorption advice (at research laboratory in soil science in faculty of agriculture) were taken two times. That was to evaluate sewage water which found at specific analyzing laboratory, and water were not throughout into sewers but were collected in special refills (20 l). The main results were:

- Chloride concentration was very high in sewage water for atomic absorption device.
- There were very high concentration for some trace elements like: lead (3.2 mg/l), cadmium (0.48 mg/l), molybdenum (0.75 mg/l) and manganese (0.77 mg/l). These concentrations were above permitted limits in both water types (treated and untreated) (Metcalf and Eddy, 2007).

4- Study of dynamics and transmission of lead at tow Syrian soil types.

Laboratory study was carried out to study the kinetics and transport of Pb^{2+} in two types of Syrian soils (Acidic and basic) within the columns of soils. First site A: acidic soils on basalt rocks were taken from Tahe Alksir, west Homs. Second site B: a calcareous soil type from Deir Hafer est of Aleppo. Results were as follow:

- the kinetics and transport of lead is depend clearly on soil physical and physio-chemical characteristics, which related with its clay content, which was affect water movement within soil pores. The soils with high ratio of large pores had faster infiltration capacity like Zahr Alksir soil.
- Soil calcium carbonate content had important role on fixing lead ions kinetics, by great low soluble capacity like lead carbonate, these may reduce soluble lead in calcareous soil (like Deir Hafer Soil).
- Lead element was very slow in movement within soil, and most lead which added artificially contaminated water was accumulate at top of soil layers.

Finally, the study show that heavy metals concentration in water samples input and output station were lower than Syrian standardization and classification committee No. (2752/2003) and No. (2580/2008), Also as (Metcalf and Eddy, 2007). Based on the accumulation properties for heavy metals in ecosystem, the experiment concluded to importance of make limits on different laboratory, scientific centers and economical factories which throughout their wests in public network. And we advise to installation that need for strict controls on laboratory and public network of station processing units to reduce water pollution and sustainably in order to store used to irrigation agricultural lands.

University Of Aleepo
Faculty of Agriculture
Dept.of Soil and Land Reclamation



The Effect of Aleppo University Laboratories' Chemical Residue in The Sustainable Use of Wastewater in Agriculture

Thesis Submitted for the Degree of Master of Science (M.Se) In Agricultural Engineering

(Department of Soil and Land Reclamation)

Submitted by
Sowad Shahwan

Supervised by
Dr.Mohmmad Hosam Bahlwan **Dr. Abbas Hazzori**

2014-2015

University Of Aleepo
Faculty of Agriculture
Dept.of Soil and Land Reclamation



The Effect of Aleppo University Laboratories' Chemical Residue in The Sustainable Use of Wastewater in Agriculture

Thesis Submitted for the Degree of Master of Science (M.Se) In Agricultural Engineering

(Department of Soil and Land Reclamation)

Submitted by
Sowad Shahwan

2014-2015